UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ELETROTÉCNICA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

PAULO MARCELO DE PAULA

# PROTÓTIPO DE ELEVADOR DIDÁTICO UTILIZANDO CONTROLADOR PROGRAMÁVEL COM PIC16F877A

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2014

PAULO MARCELO DE PAULA

# PROTÓTIPO DE ELEVADOR DIDÁTICO UTILIZANDO CONTROLADOR PROGRAMÁVEL COM PIC16F877A

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Diplomação, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial do curso de Tecnologia em Automação Industrial promovido pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Curitiba.
Orientador: Walter Denis Cruz Sanchez, Dr. Eng.

CURITIBA
2014

**PAULO MARCELO DE PAULA**

# PROTÓTIPO DE ELEVADOR DIDÁTICO UTILIZANDO CONTROLADOR PROGRAMÁVEL COM PIC16F877A

Este Trabalho de Diplomação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de **Tecnólogo em Eletrotécnica**, Modalidade Automação Industrial, do **Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial,** da **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.

Curitiba, 09 de Junho de 2014

____________________________________
Prof. José da Silva Maia , M.Sc.
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

____________________________________
Prof. Rafael Fontes Souto, M.Sc.
Responsável pelo Trabalho de Conclusão de Curso da Tecnologia
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

**BANCA EXAMINADORA**

____________________________________
Prof. Daniel Balieiro Silva, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

____________________________________
Prof. Gilberto Wolff, Dr. Eng.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

____________________________________
Prof. Paulo Rogerio da Silveira, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**ORIENTAÇÃO**

____________________________________
Prof. Walter Denis Cruz Sanches , Dr. Eng.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

**AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus a quem devo toda a minha vida, pois sempre está bem perto em todos os passos de minha vida.

A minha querida mãe pela sua perseverança e persistência para que nunca desistisse na caminhada, a minha digníssima esposa e filhos que suportaram minha ausência e me deram sempre apoio para que este trabalho se tornasse realidade.

Aos professores dedicados que passaram o bem mais precioso aos seus discípulos com o objetivo de multiplicar o conhecimento, e principalmente ao professor orientador Walter Sanchez, pela dedicação e persistência em suas correções e incentivos e por acreditar neste trabalho.

E com certeza, ao meu saudoso avô Eduardo Regio de Paula que foi meu grande mestre, amigo e conselheiro.

*"O pesquisador que não souber o que está procurando não compreenderá o que encontrar."*
*(Claude Bernard)*

## RESUMO

Paula, Paulo Marcelo de. Protótipo de elevador didático utilizando controlador programável com PIC 16F877A. 2014. 82 f. TCC (Tecnologia em Automação Industrial), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Este trabalho apresenta o retroffiting de um protótipo de elevador didático utilizando um Controlador Lógico Programável com PIC 16F877A como lógica principal de acionamento e, um inversor de frequência CFW 09 para acionar e controlar o motor de indução trifásico. Tal protótipo foi montado numa estrutura metálica, cedida por uma empresa de elevador instalada nesta cidade de Curitiba, a qual utilizava tecnologia com controle eletromagnético já obsoleto no mercado. Desta forma, é possível apresentar ao ambiente acadêmico o princípio de funcionamento e controle do sistema de um elevador, bem como poder utilizar o protótipo como atividade acadêmica. Distribuído em cinco capítulos será descrito desde a apresentação da proposta do projeto, os procedimentos metodológicos descritos no capítulo 1, a revisão literária no capítulo 2 bem como um histórico do elevador, seu princípio de funcionamento, a lógica de controle bem como a questão de segurança do elevador. Os passos de montagem do protótipo podem ser vistos no capítulo 3. No capítulo 4 estão descritos os testes e validação do projeto, por final o capítulo 5 descreve as expectativas alcançadas na conclusão do trabalho.

**Palavras-chave:** Automação Industrial. Elevadores. Microcontroladores.

## ABSTRACT

Paula, Paulo Marcelo de. Protótipo de elevador didático utilizando controlador programável com PIC 16F877A. 2014. 82 f. TCC (Tecnologia em Automação Industrial), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

This work presents the retrofitting of a prototype teaching lift using a Programmable Logic Controller with PIC 16F877A as main logical drive and a frequency inverter CFW 09 to trigger and control the three phase induction motor. This prototype was mounted on a metal frame, courtesy of a company elevator installed in the city of Curitiba, which used obsolete technology with electromagnetic control the market. Thus, it is possible to present the academic environment and the principle of operation of an elevator control system as well as to use the prototype as an academic activity. Distributed into five chapters will be described since the submission of the project proposal, the methodological procedures described in Chapter 1, the literature review in Chapter 2 as well as a history of the lift, its operating principle, control logic and safety issue the elevator. The steps of assembling the prototype can be seen in Chapter 3. Chapter 4 describes the testing and validation of the project by the end of Chapter 5 describes the expectations reached at job completion.


**Keywords**: Industrial Automation. Elevators. Microcontrollers.

## LISTA DE FIGURAS

# LISTA DE QUADROS

SUMÁRIO

# 1 INTRODUÇÃO

Como os avanços da tecnologia caminham cada vez mais num ritmo acelerado, as empresas de transporte vertical também procuram sempre atualizar os sistemas de controle e acionamentos de elevadores, seja no desenvolvimento de novos produtos ou modernizar os equipamentos com tecnologia antiga, pois segundo ROSÁRIO (2005) o desenvolvimento de circuitos integrados proporcionaram avanços na microeletrônica evoluindo de forma considerável os dispositivos eletrônicos presentes no sistema de elevador.

Os elevadores novos no mercado, já contam com a tecnologia da eletrônica e microeletrônica, tanto para o controle lógico do sistema do elevador como para o sistema de acionamento de potência, porém, ainda existem muitos equipamentos com sistemas antigos, controlados com lógica de relés e acionamentos com dispositivos eletromagnéticos os quais necessitam sofrer modernização em seu sistema, seja para adequar à modernidade ou uma questão de sustentabilidade.

O presente estudo sugere o desenvolvimento de um elevador didático no laboratório de Máquinas Especiais do DAELT da UTFPR, utilizando um equipamento mecânico (modulo de simulador de poço) presente no laboratório com o qual poderá desenvolver melhorias no sistema de elevador com a finalidade didática de inovações tecnológicas. Esse equipamento foi uma doação feita por uma empresa no setor de transporte vertical.

Cada empresa de elevador possui seus estudos no desenvolvimento tecnológico substituindo os sistemas antigos que utilizam lógica de relés e comando eletromagnético por controles e acionamentos eletrônicos, sendo um sistema composto com microcontrolador PIC, memórias programáveis e Inversores de frequência.

Outra questão importante segundo CAPELLI (2006) é a eficiência energética que pode ser alcançada com a melhoria no sistema substituindo acionamentos eletromagnéticos que possuem baixo fator de potência, por elementos eletrônicos com maior fator de potência.

Lembrando que um sistema de elevador trabalha de maneira automática, com uma intervenção mínima do usuário, pois é necessário apenas que o usuário realize uma chamada com um simples toque no botão, todo o processo de

atendimento à chamada é realizado de maneira automática pelo sistema, daí a relação com o curso de Automação Industrial.

Em um sistema de elevador são encontrados vários instrumentos com funções distintas para o correto funcionamento da malha de controle. Segundo ALVES (2005), de acordo com a função desempenhada encontram-se os seguintes instrumentos no sistema de elevador: sensores, transdutores, indicadores, transmissores, controladores, conversores, chaves estáticas e dinâmicas, entre outros.

O sistema do elevador é composto basicamente por quatro subsistemas distintos, mas que executam as tarefas de forma integrada, são eles:

- Subsistema de Controle Lógico – recebe os sinais de poço executando funções lógicas e aritméticas conforme o programa gravado sendo, dessa forma, considerado o cérebro do elevador;
- Subsistema de Acionamento – é a parte que recebe os sinais provenientes das operações lógicas do Subsistema de Controle Lógico e executa o acionamento do subsistema de Potência;
- Subsistema de Potência – é a parte que controla os atuadores do sistema do elevador, fazendo movimentar o sistema mecânico do elevador (motor de tração, motor de operador de porta, etc.) composto por unidades de potência como, por exemplo, inversores de frequência, módulo com IGBT de potência, ciclo-conversor, entre outros e,
- Subsistema de Sinais – são os sinais de poço que configuram a interface de controle com o usuário, recebendo os sinais de botoeiras e mostrando os sinais de posição e direção do elevador.

## 1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A abrangência do tema estará inscrita na área de elevadores, considerando os avanços tecnológicos na parte de acionamentos, controle, sinalização, potência, IHM e segurança.

Em busca de desenvolvimento tecnológico em sistemas de elevador, a substituição por controles modernos pode contribuir para a melhoria do sistema e melhor aproveitamento da energia elétrica, e para tal a integração entre o

conhecimento adquirido em sala de aula e uma situação prática é uma condição imprescindível para alcançar o objetivo.

No escopo da pesquisa proposta serão utilizadas algumas informações de empresas do ramo de elevadores, atividade como referência tecnológica, citando algumas evoluções nos sistemas dos elevadores (acionamentos, controle, potência, integração com sistemas supervisórios, entre outros) e, comparando com as atualizações no mercado que vão desde acionamentos eletromagnéticos com chaves que possuem contatos a carvão até acionamentos utilizando inversores de frequência.

## 1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Os principais problemas encontrados, e que objetivaram o trabalho, foram: ambientação sobre o funcionamento e controle do sistema de elevador com sistemas modernos; falta de um curso voltado para o ramo de transporte vertical (elevadores); atualização tecnológica de elevadores é só competência das empresas do ramo e não é difundido; falta de instalação de elevador didático na Universidade.

De um lado, o conhecimento acadêmico de um aluno egresso do curso de Tecnologia alinhado com uma situação prática e a colocação no mercado de trabalho que exige alguma experiência no seu ramo de atividade.

De outro lado, o processo de aprendizado pode ser mais objetivo sendo mostrado numa instalação de elevador para validar o conhecimento exposto na teoria de algumas disciplinas,

Considerando-se o contexto exposto, elaborou-se o seguinte problema a ser solucionado pela presente pesquisa.

Como integrar os conhecimentos adquiridos nas várias disciplinas ministradas em sala com um protótipo disponível durante o período do curso?

Um protótipo de elevador instalado no laboratório pode além de integrar as disciplinas ministradas, fornecer um início na ambientação do sistema do elevador além da compreensão da evolução tecnológica e o desenvolvimento de novas tecnologias na área de elevadores.

## 1.3 OBJETIVOS

Disponibilizar um protótipo de elevador didático no Laboratório de Máquinas Especiais da UTFPR – Campus Curitiba, para estudos nas aulas ministradas em diversas disciplinas do Departamento de Eletrotécnica (DAELT).

### 1.3.1 Objetivo geral

Realizar *retrofitting* de um protótipo de elevador didático utilizando controlador lógico programável com PIC 16F877A.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Buscar e demonstrar as informações necessárias sobre normas técnicas aplicadas no sistema de elevador;
- Identificar no referencial teórico os conceitos necessários aplicados no sistema de elevador;
- Elaborar o projeto de desenvolvimento do elevador didático:
  - Parte elétrica;
  - Parte mecânica;
  - Parte Eletrônica;
- Elaborar guia de procedimentos para a documentação necessária a ser arquivada proporcionando futuras consultas.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

A compreensão de funcionamento do sistema de elevador e a integração das disciplinas ministradas nos cursos que envolvem automação industrial com o protótipo podem ser uma ferramenta valiosa para os alunos, pois será possível desenvolver os trabalhos acadêmicos de várias formas conforme a compreensão de cada aluno utilizando um mesmo princípio, ou melhor, um mesmo protótipo totalmente configurável.

É dito configurável por que cada uma das partes do sistema de elevador poderá ser projetada ou parametrizada de diferentes maneiras seguindo apenas as condições básicas conforme as Normas Técnicas que contemplam este trabalho.

O protótipo do elevador contribuirá com as atividades acadêmicas de laboratório sendo utilizado na área de automação, acionamentos elétricos, controle de velocidade entre outras áreas.

## 1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Classifica-se o estudo proposto como de natureza científica aplicada, devido ao fato de existir um problema claro (falta de conhecimento sobre o funcionamento do sistema de elevador e uma aplicação prática dos conhecimentos adquiridos em sala) e uma proposta de solução segundo CERVO; BERVIAN; SILVA (2007).

Segundo MEDEIROS (2003), em relação ao objetivo macro a pesquisa enquadra-se como sendo uma pesquisa-ação, pois se trata da resolução de um problema coletivo no qual haverá a participação do público alvo que são os alunos universitários dos cursos do DAELT.

Serão realizadas pesquisas de campo e bibliográficas. A pesquisa em campo será realizada junto à empresas do ramo  com a finalidade de coleta de informações práticas sobre princípios de funcionamento do elevador. A pesquisa bibliográfica decorre da necessidade do aprofundamento na teoria do tema procurando possíveis soluções.

Adequação tecnológica em laboratório do protótipo de elevador didático incorporando as parte mais importantes tais como, parte mecânica e elétrica.

## 1.6 REFERENCIAL TEÓRICO

Como referencial teórico será utilizado consulta às normas técnicas que regem o sistema do elevador tais como: NBR 207, NBR 5666 e NBR 5665 entre outras, consulta a material cedido por empresas do ramo e, bibliografia sobre os conceitos técnicos de automação que compõem o sistema de elevador.

No fluxograma da Figura 1, estão representados os subsistemas que compõem o sistema do elevador. Observa-se na comunicação entre os subsistemas,

que o subsistema de Controle Lógico se comunica com todos os outros de maneira transmissão e recepção de sinais.

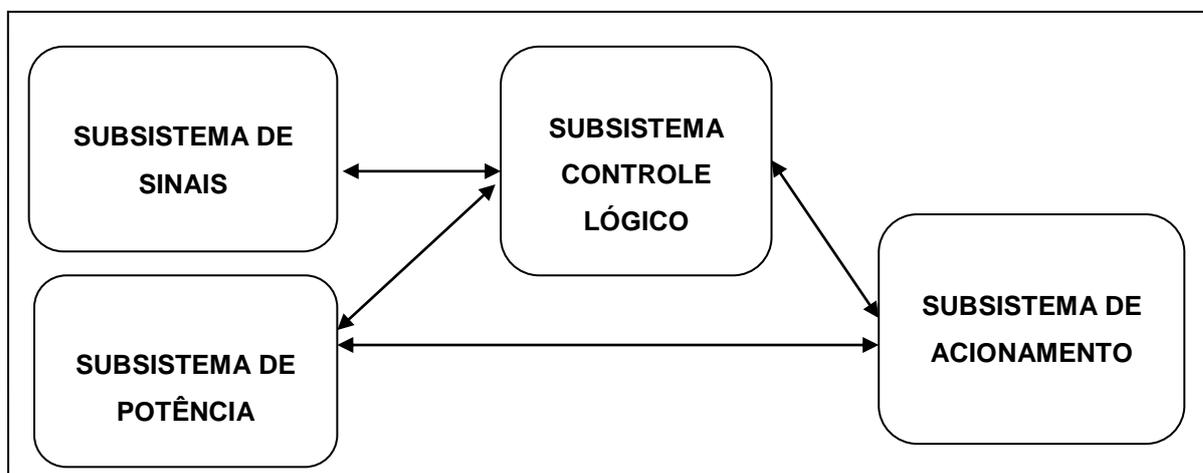



**Figura 1 - Representação dos subsistemas do elevador.**
**Fonte: Autoria própria.**

No sistema do elevador têm-se os seguintes elementos:

- Módulo Principal: controlador lógico que comanda todo o sistema do elevador o qual é considerado o cérebro do sistema;
- Torre do protótipo: sistema mecânico composto por sensores, redutor e fiação;
- Acionamento do elevador: composto por inversor de frequência e/ou comandos eletromagnéticos responsáveis pelo acionamento e controle do motor do elevador.

Para um entendimento prévio sobre o funcionamento básico do sistema do elevador será descrito como ocorre a integração dos elementos citados anteriormente. Quando um usuário realiza uma chamada num determinado pavimento, o sinal é percebido pelo Módulo Principal, o qual trata a informação, conforme será descrito no escopo do trabalho, enviando um determinado sinal para o subsistema de acionamento que por sua vez realiza as tarefas parametrizadas. A comunicação entre os elementos é constante.

# 2 REVISÃO LITERÁRIA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos básicos do sistema do elevador, com suas funções e importância que cada elemento tem na composição do sistema do elevador, também será exposta um breve histórico sobre elevador além das questões de segurança do sistema tendo em vista que é um sistema de transporte vertical de passageiros e de cargas, além da lógica básica do princípio de funcionamento de um elevador convencional.

## 2.1 O SISTEMA DO ELEVADOR

O elevador é composto por um sistema complexo para seu funcionamento seguro e confortável, afinal irá transportar cargas e passageiros, e para garantir a segurança dos usuários existem vários elementos no sistema do elevador.

A Figura 2 ilustra os componentes básicos do sistema de um elevador elétrico de passageiro convencional.

## 2.2 BREVE HISTÓRICO DO ELEVADOR

O elevador é um importante meio de transporte desde tempos remotos com as técnicas disponíveis. Com o passar dos anos o homem evoluiu seus pensamentos sempre em busca de melhorias e inovações tecnológicas, ocorrendo transformações com o transporte também, evoluindo de tração animal e humano (escravos) para sistemas mecânicos e elétricos.

Um exemplo de transporte vertical segundo Dal Monte (2000), apesar de ser um enigma, é a maneira como foram construídas as pirâmides do Egito, como a de Queóps. Uma massa colossal com 148,5 metros de altura, supostamente edificada em 2850 a.C..

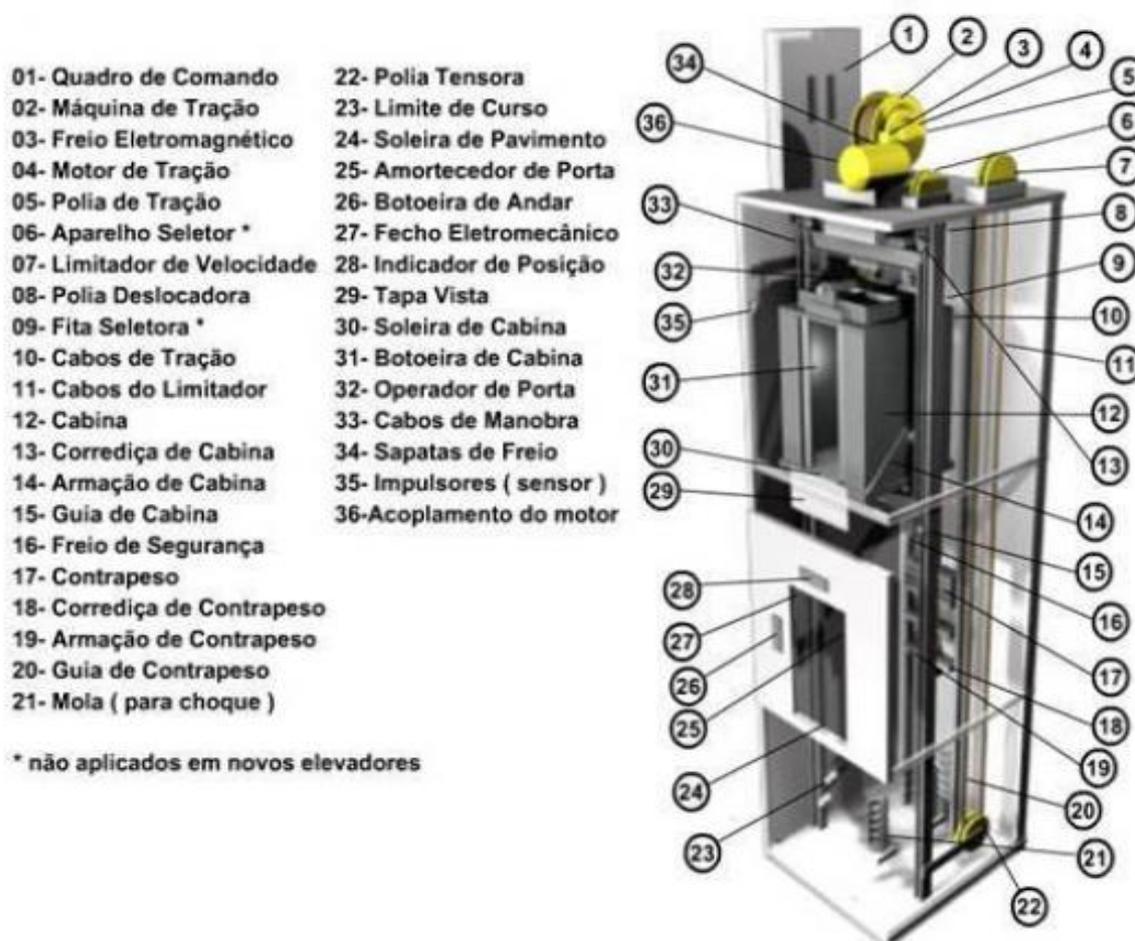



**Figura 2 - Componentes básicos do sistema do elevador**
**Fonte: www.elevadores-sc.blogspot.com.br/ (2014).**

Na Grécia segundo DAL MONTE (2000), os sistemas de roldanas e manivelas eram utilizados para transportar materiais pesados nas construções de monumentos como o Colosso de Rodes (estátua que representava o deus do sol).

Mesmo com os avanços tecnológicos o transporte de pessoas ainda era perigoso e com muitos riscos de acidentes. Foi então que Elisha Graves Otis apresenta uma solução: um dispositivo que freia o elevador em caso dos cabos de sustentação se romper.

Em 1853, Otis exibe seu invento (o freio para elevador) no Palácio de Cristal em Nova York para uma grande plateia como mostrado na Figura 3.

Após o ano de 1853 que o mercado norte americano de construção se expande de maneira colossal, permitindo a construção de edifícios com vários pavimentos favorecendo a verticalização das cidades.

**Figura 3 - Elisha Graves Otis realizando o teste de segurança do elevador**
**Fonte: www.otis.com.br (2013).**

Atualmente os elevadores contam com avanços tecnológicos, com sistemas modernos em eletroeletrônica e mecânica, permitindo conforto e segurança para usuários e profissionais de instalação e manutenção.

Outro diferencial na modernidade dos elevadores é a velocidade de locomoção das cabinas que variam de uma velocidade de 30 m/min. (para plataformas elevatórias e monta-prato), até 300 m/min. em elevadores de centros comerciais com grande fluxo de passageiros e alturas muito elevadas.

## 2.3 A CABINA DO ELEVADOR

A cabina do elevador segundo RUDENKO (1976), também chamada de carro é o componente responsável pela acomodação da carga ou do usuário (pessoas e animais), a ser transportado. Na grande maioria, é um ambiente fechado com iluminação ambiente, painel de operação com botões de chamada e alarme em caso de emergência, módulo de emergência em caso de pane elétrica, porta automática para garantir a segurança e conforto dos usuários e a carga.

A Figura 4 a seguir mostra o interior da cabina de um elevador com seus componentes básicos tais como o painel de operação (composto por botões de chamada, indicador de posição e botão de alarme), guarda-corpo, subteto e espelho.

**Figura 4 - Parte interna da cabina do elevador**

Fonte: **www.static.habitissimo.com.br (2013).**

A cabina é instalada na caixa de corrida presa com cabos de aço ou em cilindro hidráulico, dependendo do projeto e preferência do proprietário. Segundo RUDENKO (1976), para que a movimentação da cabina ocorra de maneira segura dentro da caixa de corrida, é fixada em trilhos-guias para manter o alinhamento e o prumo durante o percurso.

## 2.4 CAIXA DE CORRIDA

A caixa de corrida é o local na edificação, na qual a cabina do elevador é instalada em guias de aço para a sua movimentação. Também são instalados os sensores de posição, os limites fim de curso para sinais de segurança e ainda o contrapeso do elevador.

Na Figura 5, estão mostrados alguns componentes principais presentes na caixa de corrida, são eles: guias de contrapeso, cabos de aço, guias de cabina, contrapeso e cabos de manobra.

A função da caixa de corrida além de acomodar os dispositivos acima mencionados, garante a segurança na edificação durante a movimentação da cabina, pois desta forma o carro fica isolado da parte externa da caixa de corrida.

**Figura 5 - Caixa de corrida do elevador**

**Fonte: www.bohnen.com.br (2013).**

## 2.5 POÇO DO ELEVADOR

O poço do elevador segundo RUDENKO (1976) é uma extensão da caixa de corrida, a Figura 6 mostra os componentes mais comuns tais como: molas de para-choque, sensores de segurança, polia tensora do cabo do aparelho de segurança, polia de compensação e suporte final de guias de cabina e contrapeso entre outros dispositivos.

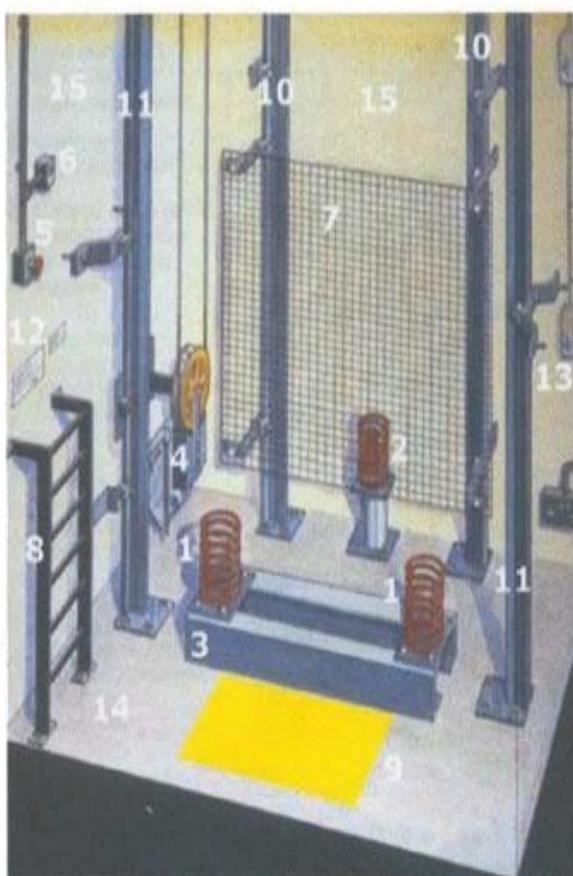



**Figura 5.5 - Poço e seus conexos mais comuns:**
1 Pára-choques do carro
2 Pára-choque do contrapeso
3 Base do pára-choque
4 Esticador do cabo do limitador de velocidade
5 Dispositivo elétrico de parada
6 Tomada elétrica
7 Divisória de proteção do contrapeso
8 Escada tipo de marinheiro
9 Espaço de refúgio
10 Guias do contrapeso
11 Guias do carro
12 Interruptor de iluminação do poço (oculto)
13 Interruptor de iluminacão da caixa
14 Piso do poço
15 Parede de fechamento

**Figura 6 - Componentes do poço do elevador**
**Fonte: www.crel.com.br (2014).**

## 2.6 CASA DE MÁQUINAS

Na casa de máquinas são instalados os componentes mecânicos (máquina de tração, redutor, polia de desvio, limitador de velocidade) e eletroeletrônicos (quadro de comando, quadro de alimentação elétrica, sistema de emergência,

autotransformador) responsáveis pelo controle lógico e acionamento da movimentação da cabina.

### 2.6.1 Quadro de comando

O quadro de comando (Figura 7) é um componente eletroeletrônico responsável pelo controle lógico e potência do elevador, ou seja, é ele que possui o controlador lógico e a unidade de potência (inversor de frequência).

**Figura 7 - Quadro de comando eletrônico do elevador**
**Fonte: Autoria própria.**

### 2.6.2 Conjunto motor redutor

O conjunto motor redutor é composto por um motor de indução trifásico e a máquina de tração (no caso de elevadores elétricos), os quais são responsáveis por subir descer a cabina na caixa de corrida. Segundo RUDENKO (1976), também faz parte deste conjunto os cabos de tração e freio eletromagnético. Na Figura 8 pode-se visualizar o redutor de velocidade e o acoplamento com o motor.

**Figura 8 - Conjunto motor e redutor para tração da cabina com cabos de aço**
**Fonte: Autoia própria.**

### 2.6.3 Limitador de velocidade

O limitador de velocidade (Figura 9) é um componente importantíssimo para a segurança do elevador. No caso de sobrevelocidade esse componente faz acionar o aparelho de segurança instalado abaixo da cabina impedindo que a mesma continue a descer e fique travada entre as guias evitando a queda da cabina no poço.

**Figura 9 - Limitador de velocidade na casa de máquinas.**
**Fonte: Autoria própria.**

## 2.7 PORTAS DE PAVIMENTO

Segundo a norma NBR 7192 (1985), as portas de pavimento devem ser instaladas nas aberturas das caixas de corrida para fechar toda a abertura, uma em cada andar atendido pela cabina. Deve ainda ser construída de forma rígida e suficientemente resistente contra fogo e deformação causada por esforço manual.

A operação das portas de pavimento deve ser de dois tipos[1]: semi-automática para portas eixo vertical a qual o usuário tem que puxá-la ou empurrá-la manualmente para entrar e sair do elevador e automática para portas integradas as quais abrem ou fecham de forma simultânea na cabina e no pavimento quando a cabina estiver nivelada sem que o usuário deva fazer manualmente.

Todas as portas de pavimento devem[2] permanecer travadas quando a cabina não estiver nivelada no pavimento independente se for semi-automática ou automática para evitar que usuários abram as portas sem a presença da cabina e possa causar acidente.

## 2.8 SEGURANÇA DO ELEVADOR

O elevador segundo a norma NM 207 (2003) deve ser provido de dispositivos que possam garantir o seu funcionamento seguro. No caso de algum defeito ou pane em seu sistema o elevador deverá parar imediatamente impedindo a ocorrência de qualquer tipo de acidente.

Por exemplo, se uma porta de pavimento esteja aberta, ou fechada, porém não estiver travada permitindo a sua abertura sem a cabina estar no pavimento, o controle lógico detecta essa anomalia e faz parar a movimentação da cabina indicando que existe uma falha no sistema, forçando o acionamento da assistência técnica.

Já foi mencionado anteriormente sobre o aparelho de segurança e o limitador de velocidade, pois bem, esses elementos fazem parte do sistema de

---

[1] Técnicas, NBR 10098/1987 – Elevadores elétricos – Dimensões e condições do projeto de construção, item 4.3.4 página 3.
[2] Técnicas, NM 207 Elevadores elétricos aspectos construtivos e segurança, 2003, item 7.7.3 páginas 32, 33 e 34.

segurança do elevador o qual entrará em ação no caso de sobrevelocidade da cabina acima de 10% da velocidade nominal. Caso os cabos de aço se rompam, o sistema irá atuar fazendo a cabina travar nas guias.

O sistema de segurança[3] do elevador é composto de vários dispositivos mecânicos e elétricos, e além de atuar de maneira automática são de caráter obrigatórios.

No caso de uma pane elétrica por falta de energia da concessionária, o sistema do elevador também vai parar (se não possuir um sistema de no-break), porém segundo a norma NM 207 (2003), todo o elevador deve possuir um módulo autônomo de iluminação de emergência e garantir alimentação para o alarme sonoro e intercomunicador para os usuários dentro da cabina.

Para o resgate de passageiro retido na cabina, a norma NBR 15597 (2010) determina que apenas os profissionais de manutenção de elevador, o Corpo de Bombeiros e a Brigada de Incêndio, devidamente treinados e certificados é que podem realizar esse procedimento. Tendo em vista a determinação da referida norma, o passageiro não deve tentar sair sozinho da cabina em nenhuma hipótese, pois a parte externa da cabina possui muitos componentes elétricos e mecânicos que aumenta o risco eminente de acidentes.

Ainda segundo a norma NM 207 (2003), o sistema do elevador deve possuir sensores instalados na caixa de corrida denominados limites de parada e limites finais para detectar uma possível falha no sistema de controle permitindo a cabina ultrapassar os limites de nivelamento dos andares extremos (inferior e/ou superior). Esses sensores (limites fim de curso) cortam o circuito de segurança do elevador obrigando a parada forçada de todo o sistema do elevador.

Pode-se citar como exemplo o elevador em movimento de subida passando pelo sensor de desaceleração do último pavimento e se ocorrer falha no sensor, a cabina continuará em velocidade nominal, pois como o sensor de desaceleração falhou o módulo de controle lógico não detectará o sinal e não executará a redução de velocidade da cabina, então a cabina ultrapassará o nivelamento e, atuará os

---

[3] (Técnicas, NM 207 Elevadores elétricos aspectos construtivos e segurança, 2003), item 9.7 páginas 50 e 51.

sensores de limite de parada e limite final[4] indicando situação de falha para o controlador o qual irá bloquear o sistema até a intervenção da assistência técnica[5].

## 2.9 COMO FUNCIONA O ELEVADOR

Para ocorrer a movimentação do elevador, basta o usuário realizar uma chamada para um determinado andar, logo todo o sistema entra em atividade para executar uma sequência de tarefas. Mas essa sequência de tarefas não é tão simples assim, como será visto a seguir:

- O usuário faz uma chamada num determinado andar via botão de chamado de pavimento;
- O controlador lógico registra a chamada e compara com a posição da cabina;
- Se a posição da cabina for acima do andar de chamado, o controlador registra movimento de descida, caso a posição da cabina for abaixo do andar de chamada, o controlador registra movimento para subir, porém se a posição for a mesma do andar de chamada, o controlador apenas irá comandar a abertura de porta de cabina se ela estiver fechada;
- No caso de descida da cabina, o controlador verifica todo o circuito de segurança, circuito de portas de pavimento e porta de cabina, então envia um sinal de comando para a unidade de potência acionar o motor em sentido de descida;
- Através dos sensores de posição na caixa de corrida, o controlador comuta a posição da cabina até chegar ao andar solicitado;
- Quando a cabina se aproximar do andar, o controlador envia um sinal para a unidade de potência iniciar a redução até o momento da parada;
- Chegando ao destino, o controlador envia um sinal para abertura da porta encerrando o atendimento até que nova chamada seja realizada.

[4] (Técnicas, NM 207 Elevadores elétricos aspectos construtivos e segurança, 2003), item 10.5.3 página 63.

[5] (Técnicas, NM 207 Elevadores elétricos aspectos construtivos e segurança, 2003), item 10.5.3.2 página 63.

## 2.10 SISTEMAS DE CONTROLE DE CHAMADA

Um sistema de controle é composto por outros subsistemas com o propósito de controlar as saídas de um determinado processo conforme os comandos das entradas. Atualmente há vários modelos de sistemas de controle de chamadas para elevadores, sejam eles de passageiros e/ou cargas, conforme cada empresa de elevador que possui diferentes tipos de controle, porém todos contam com a microeletrônica e uso de microcontroladores além de PLC's.

Citam-se alguns sistemas de controle de chamada mais utilizados atualmente:

### 2.10.1 Controle por identificação biométrica

É um sistema em que apenas usuários cadastrados com suas digitais podem ter a cesso ao elevador e realizar chamadas. Podem ser instaladas apenas no painel de operação dentro da cabina ou também nos pavimentos de acesso.

A Figura 10 ilustra uma condição na qual o usuário faz a chamada para o andar desejado através da botoeira e o sistema solicita a sua impressão digital, logo cruza as informações com o banco de dados gravados na memória do controlador presente no quadro de comando o qual registra a solicitação e executa os passos para atendimento à chamada.

### 2.10.2 Controle por código de senha

Diferente do sistema biométrico qualquer usuário pode realizar uma chamada em botoeiras instaladas no pavimento, porém dentro da cabina apenas usuários que possuem código da senha podem concluir a chamada.

Quando o controlador lógico detecta uma chamada realizada pela botoeira de cabina registra apenas se for digitado o código gravado em sua memória, confirmado o código é registrada a chamada na memória volátil e o controlador executa as tarefas para atendimento ao chamado como mostra a Figura 11.

**Figura 10 - Sistema de chamado por controle biométrico**
**Fonte: [www.envolverde.com.br](http://www.envolverde.com.br) (2013).**

USUARIO DIGITA O ANDAR DESEJADO PELA CABINA

SISTEMA DE SENHA ATIVO?

SIM

NÃO

CONTROLE LOGICO SOLICITA CODIGO DA SENHA

CONTROLADOR LOGICO REGISTRA CHAMADO

USUARIO DIGITA CÓDIGO

SISTEMA EXECUTA ATENDIMENTO AO CHAMADO

NAO

CODIGO CORRETO?

SIM

CHAMADO ATENDIDO

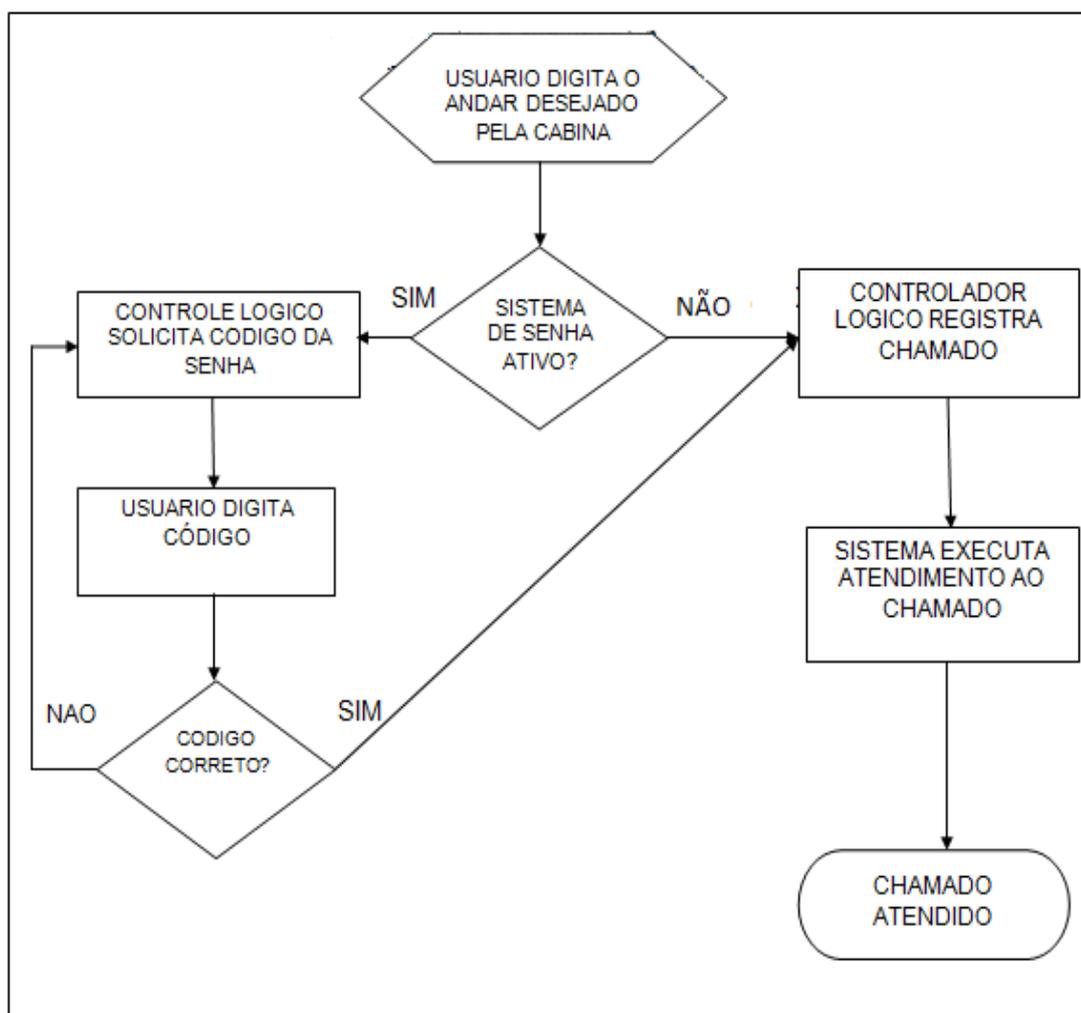



**Figura 11 - Fluxograma do sistema de controle de chamada por código de senha.**
**Fonte: Autoria própria.**

### 2.10.3 Controle por supervisório

Outro sistema de controle é o software supervisório específico para elevadores, geralmente são utilizados os supervisórios em locais onde é utilizado um conjunto de dois ou mais elevadores. Os locais onde é mais frequente o uso de sistemas supervisórios são edifícios comerciais e/ou edifícios públicos com grande fluxo de passageiros, e o controle de acesso é um diferencial.

No sistema supervisório é possível realizar chamadas da cabina e do pavimento, desligar e/ou ligar os elevadores além de fornecer diagnóstico de falhas e defeitos e, relatórios sobre o funcionamento dos elevadores para análise de fluxo de chamadas para determinados pavimentos.

A Figura 12 ilustra a comunicação direta entre o supervisório e o controlador lógico no quadro de comando e, a comunicação entre a cabina e pavimento com o controlador lógico.

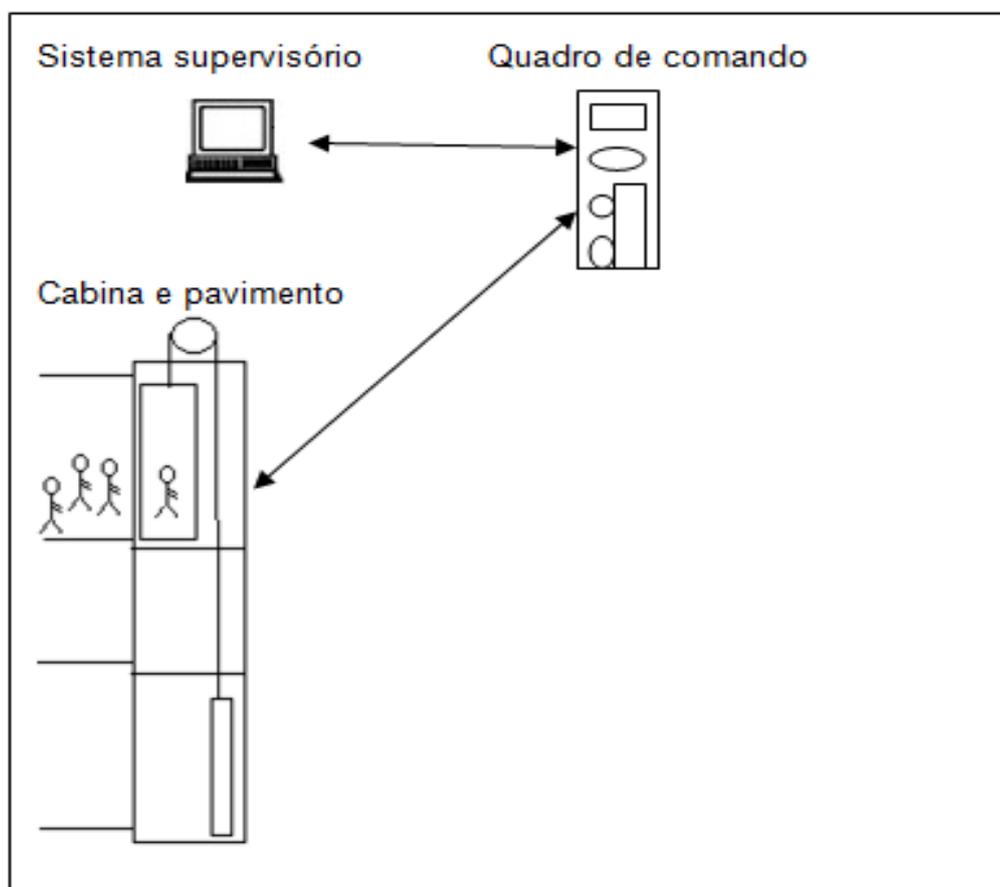



**Figura 12 - Sistema supervisório. Comunicação direta com quadro de comando.**
**Fonte: Autoria própria.**

2.10.4 Controle por cartão magnético

Nesse sistema o controlador lógico do elevador recebe um sinal através da botoeira na qual o usuário utiliza um cartão magnético. Por meio do banco de dados gravado na memória do elevador o sistema faz o atendimento ao chamado solicitado.

Esse sistema pode ser integrado com sistemas de controle e automação do edifício, tornando mais seguro e eficiente o controle de acesso através do elevador. A Figura 13, ilustra um exemplo de usuário realizando uma chamada de cabina utilizando um cartão através do sistema SchindlerID®[6].

**Figura 13 - Sistema de controle por cartão magnético.**
**Fonte: www.schindler.com (2014).**

---

[6] Sistema de restrição de acesso desenvolvido pela empresa Schindler Elevadores.

### 2.10.5 Controle unificado

O sistema de controle unificado consiste em realizar as chamadas do elevador de apenas uma estação para um conjunto de elevadores. Através de um teclado numérico instalado no pavimento permite que o usuário digite o andar desejado, o controlador lógico registra a chamada e calcula qual elevador está mais apto a atender a chamada e, mostra no display de LCD o elevador selecionado para o usuário. A Figura 14 ilustra um usuário realizando chamado pelo sistema ACD XXI[7] indicando que o elevador A irá atender o chamado solicitado.

**Figura 14 - Sistema de chamado unificado.**
Fonte: www.thyssenkruppelevadores.com.br **(2013).**

[7] O sistema ADC XXI foi desenvolvido pela empresa Thyssenkrupp Elevadores.

## 2.11 SISTEMAS DE ACIONAMENTO

Os diversos acionamentos de elevadores têm como base os acionamentos de motores de corrente alternada os quais variam desde comandos eletromagnéticos até acionamentos com inversores de frequência. Neste trabalho serão apresentados os acionamentos mais comuns para elevadores.

### 2.11.1 Acionamentos eletromagnéticos

Os acionamentos eletromagnéticos são realizados com contatores de potência, pois a corrente de acionamento dos elevadores que possuem contatores varia de dezenas até centenas de ampéres conforme a potência dos motores de indução utilizados.

Uma particularidade dos acionamentos com contatores é que os motores dos elevadores possuem dois enrolamentos denominados enrolamentos de baixa e de alta velocidade. Quando é iniciado o movimento da cabina é acionado o motor em velocidade alta, ao chegar à zona de redução o controlador lógico comuta os contatores acionando o motor de baixa até a zona de nivelamento, onde é desligado do motor e, atuado o freio mecânico para concluir a parada da cabina.

Na Figura 15, é demonstrado um acionamento de um motor de indução trifásico com emprego de contatores. O esquema da Figura 15 é de uma partida estrela-triângulo, muito comum em acionamentos de máquinas elétricas.

### 2.11.2 Acionamentos com tiristores de potência

Os tiristores de potência (Figura 16) são dispositivos semicondutores com capacidade de controlar altas correntes. Possuem três terminais: um anodo; um catodo; e, um gatilho. Quando[8] uma corrente passa do terminal do gatilho para o catodo, o tiristor conduz, desde que o anodo esteja em um potencial maior que o do catodo.

---

[8] (RASHID, 2001) Página 6.

O acionamento com tiristores em elevadores consiste em controlar o chaveamento dos tiristores em meia onda apenas na aceleração e desaceleração do motor.

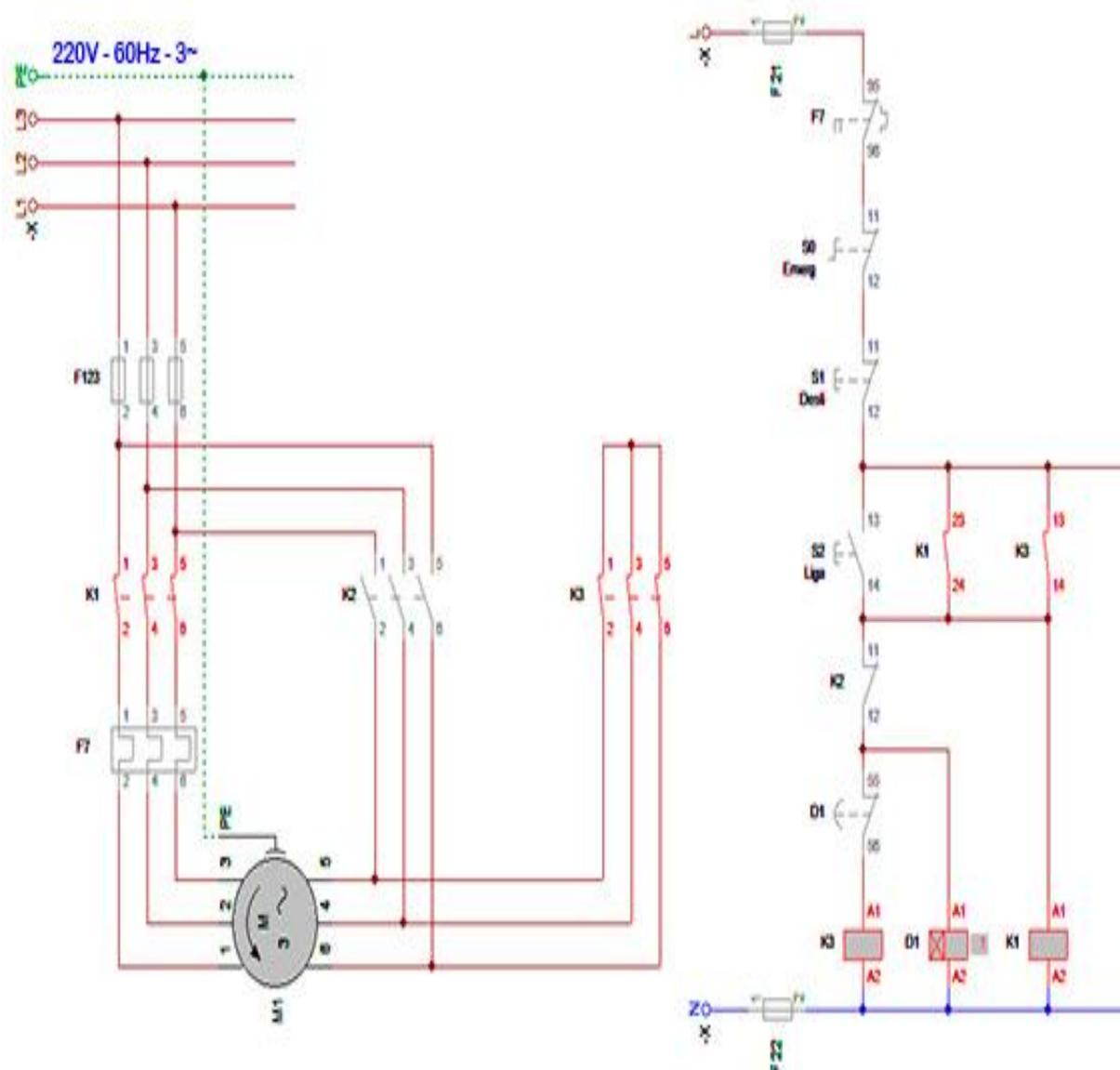



**Figura 15 - Exemplo de uma partida estrela-triângulo utilizando contatores.**
Fonte: Autoria própria.

### 2.11.3 Acionamentos hidráulicos

Outra forma de acionamento do elevador é o uso de sistema hidráulico, o qual consiste no uso de cilindros e bombas hidráulicas.

**Figura 16 – Exemplo de tiristores e diodos de potência utilizados em elevadores. Fonte: www.semikron.com.br (2013).**

Para elevar a cabina ao piso superior, joga-se um fluxo constante de óleo no pistão para que este comece a suspender a cabina. Para se obter um conforto na parada é reduzido a quantidade de óleo que vai para o pistão, sendo o restante devolvido ao reservatório através do bloco de válvulas, com isso a cabina chega ao nível do piso com uma velocidade bem baixa, obtendo uma parada suave.

Na descida é aproveitado o peso da cabina e carga, para devolver o óleo para o tanque. Nesta etapa só o bloco de válvulas é que controla a velocidade da cabina, mantendo-a constante independente da carga transportada.

Como na subida, ao se aproximar do nivelamento, a quantidade de óleo que retorna é menor, possibilita uma velocidade de aproximação reduzida e uma parada suave.

A seguir estão listados os componentes do sistema hidráulico mostrado na Figura 17 abaixo.

1. Quadro de comando composto pelo controlador lógico.
2. Unidade hidráulica composta pelo bloco de válvulas e bomba de óleo.
3. Cilindro ou pistão para elevar a cabina.
4. Cabine.
5. Arcada.
6. Guia da arcada.
7. Freio de segurança.

8. Para-choque tipo mola.
9. Soleira de pavimento.
10. Botoeira de chamado.
11. Tapa vista.
12. Soleira de cabina.
13. Painel de operação da cabina com os botões de chamado, alarme e outros comandos.
14. Operador de portas automático composto por sensores de abertura e fechamento de porta de cabina e motor monofásico.

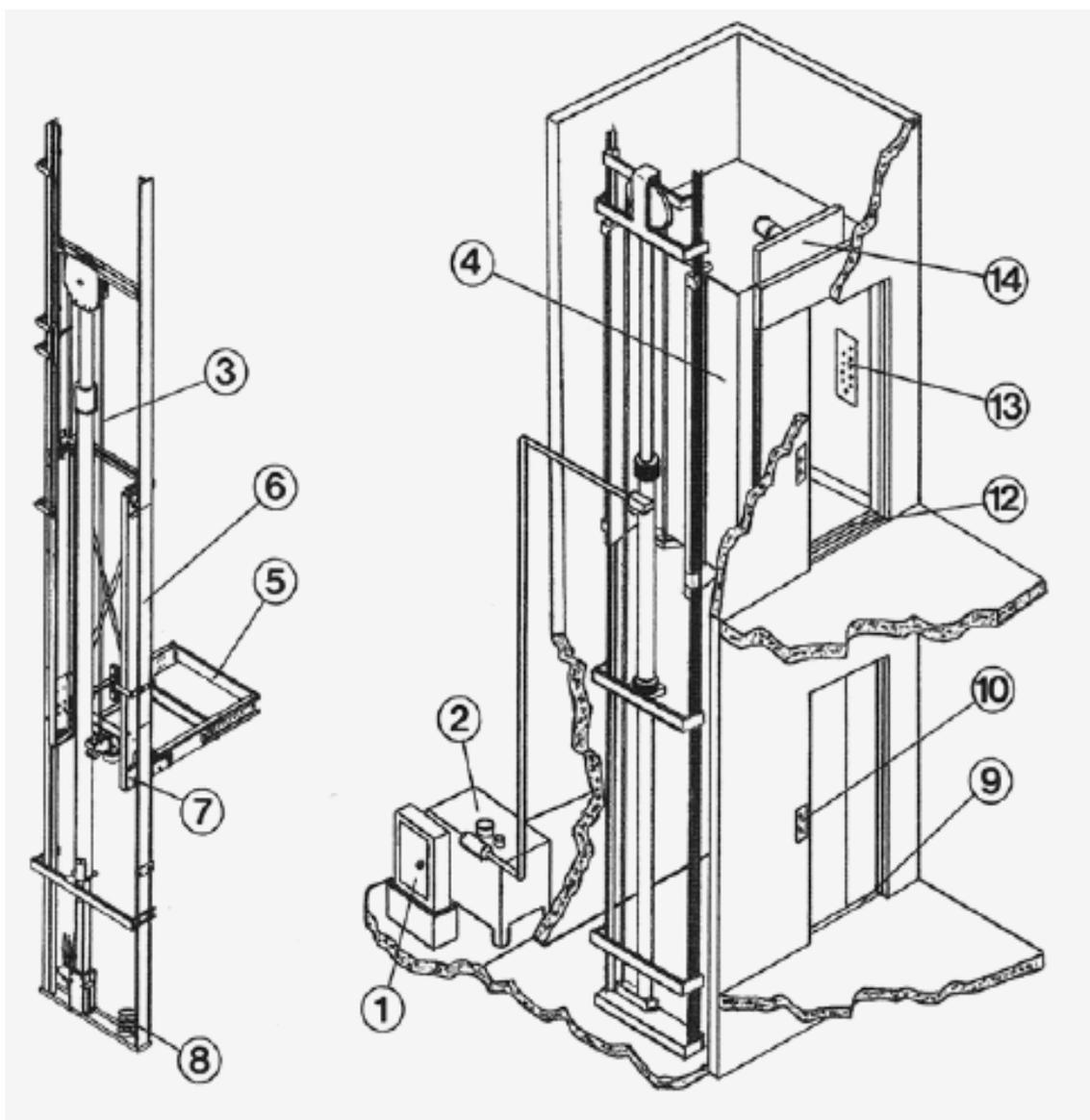



**Figura 17 - Componentes básicos do sistema hidráulico.**
Fonte: www.adelevadores.com.br (2013).

### 2.11.4 Acionamentos com inversores

Os inversores são dispositivos conversores[9] de CA em CC e novamente em CA. Sua função consiste em converter uma tensão de entrada CA em uma tensão CC e converter novamente em tensão de saída CA simétrica de amplitude e frequências desejadas.

Os inversores são amplamente utilizados em acionamentos de máquinas CA em velocidade variável. O controle de máquinas elétricas com o uso de inversores proporciona um controle mais preciso e muito eficiente em comparação com outros sistemas de acionamento.

Para o elevador esse tipo de acionamento trouxe muitos benefícios tanto em conforto para os usuários como na qualidade e economia de energia elétrica, pois é possível obter partidas e paradas suaves com precisão de nivelamento e redução de perdas mecânicas causadas por aumento de temperatura dos comandos eletromagnéticos.

A Figura 18 mostra o diagrama em blocos de um inversor de frequência.

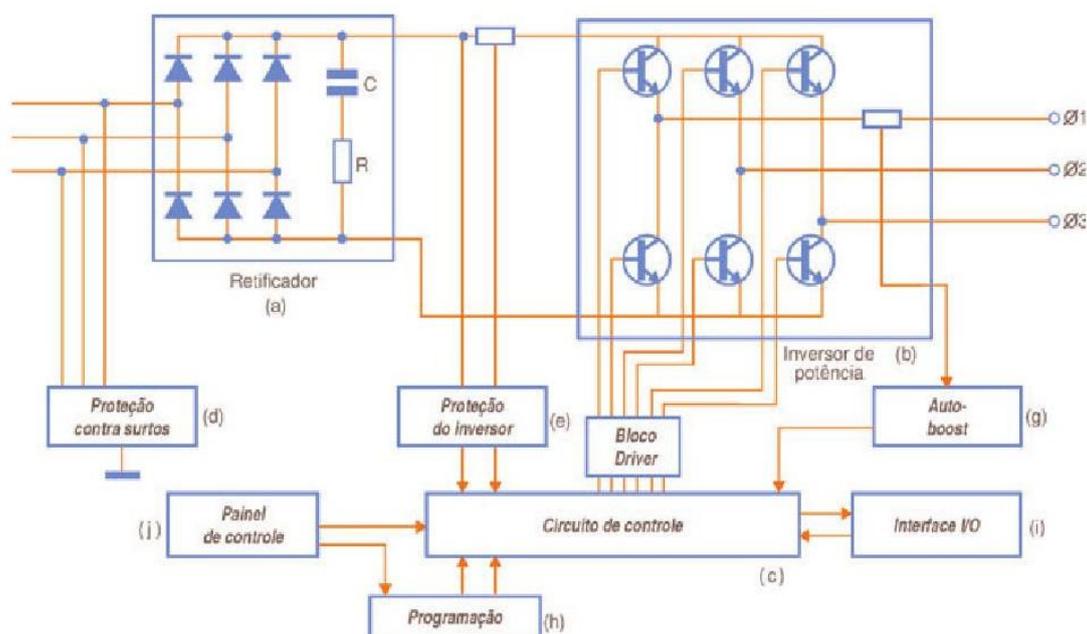



**Figura 18 - Diagrama em blocos de um inversor de frequência.**
Fonte: www.mecatronicaatual.com.br (2014).

---

[9] (RASHID, 2001) página 436.

# 3 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO

Após os conceitos teóricos apresentados nos capítulos anteriores, este capítulo será dedicado para expor as etapas de desenvolvimento do protótipo do elevador didático utilizando um módulo controlador com PIC16F877A.

Como descrito anteriormente neste trabalho foi utilizado uma torre simuladora de poço já pronta, mas com tecnologia obsoleta, então no desenvolvimento do trabalho foi necessário desmontar a torre retirando componentes não aproveitados e instalando outros elementos com a finalidade de atualizar o sistema utilizando tecnologia atual.

Será descrito como foi o desenvolvimento dos aspectos construtivos do protótipo, a descrição de instalação e comunicação da placa de controle, o software responsável pelo funcionamento da lógica de controle do módulo controlador e, os hardwares envolvidos no processo do protótipo de elevador didático.

## 3.1 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

A construção do protótipo foi desenvolvida em várias etapas, desde a desmontagem da torre que utilizava tecnologia antiga já obsoleta até a montagem final com sensores, placa de controle e integração com a bancada do inversor de frequência do laboratório de máquinas especiais.

### 3.1.1 Desmontagem da torre

Nesta etapa foram retirados os componentes elétricos (placas de sinalização, contatos secos a carvão) e a fiação antiga como mostra a Figura 19, pois tais componentes foram substituídos pela placa de controle (responsável pela lógica do elevador) e o inversor de frequência (responsável pelo acionamento de potência do elevador). Os componentes mecânicos (engrenagem, eixo e polia para acoplamento com o motor de indução trifásico mostrado na Figura 20), foram preservados para utilizar na movimentação de subida e descida da plataforma que simula a cabina do elevador.

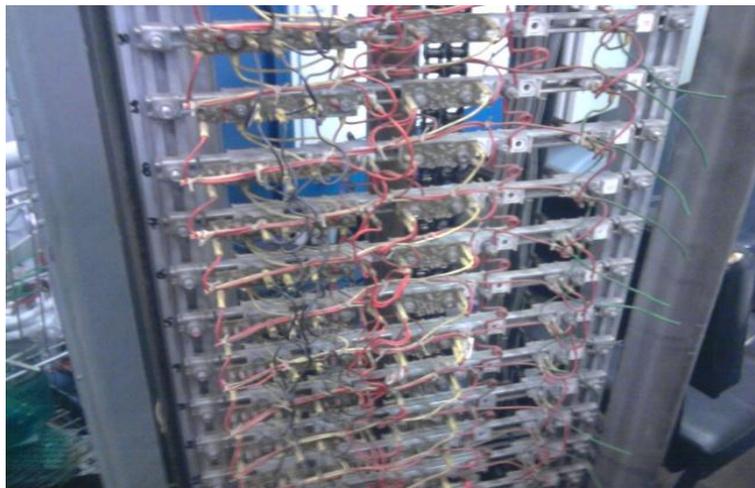



**Figura 19 - Torre simuladora de poço com componentes antigos.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

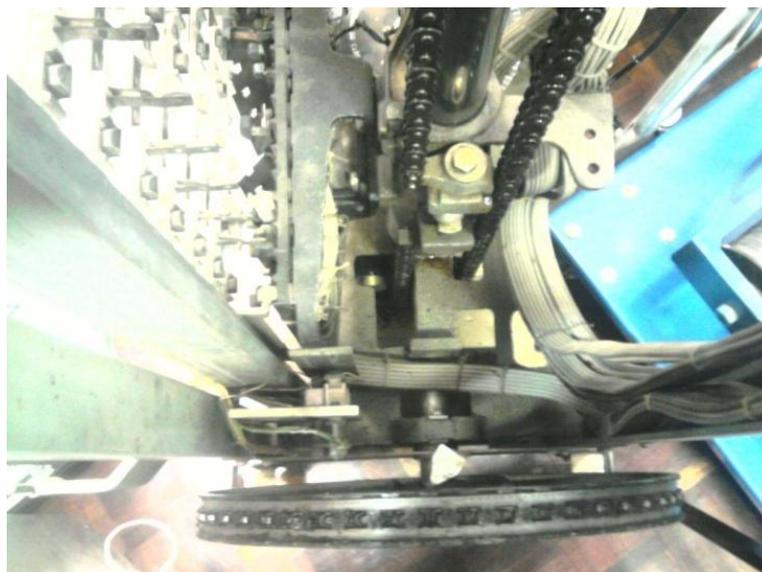



**Figura 20 - Polia para acoplamento com motor de indução trifásico.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

Para a desmontagem foi necessário utilizar ferramentas adequadas para não comprometer a estrutura a qual foi aproveitada, e também para que os trabalhos fossem realizados com segurança. Além das ferramentas foi necessário também o uso de EPI's. Os equipamentos de proteção e as ferramentas foram utilizados em todo o desenvolvimento tanto para desmontagem como para a montagem.

No Quadro 1 está a relação das ferramentas e EPI's utilizados.

**Quadro 1 - Relação de ferramentas e EPI's utilizados**

| ITEM | DESCRIÇÃO | QUANTIDADE | TIPO |
|---|---|---|---|
| 1 | Chave de fenda 1/4" | 1 | Ferramenta |
| 2 | Chave de fenda 1/8" | 1 | Ferramenta |
| 3 | Chave de boca 17 mm | 1 | Ferramenta |
| 4 | Chave de boca 10 mm | 1 | Ferramenta |
| 5 | Alicate de bico | 1 | Ferramenta |
| 6 | Alicate universal | 1 | Ferramenta |
| 7 | Alicate de corte transversal | 1 | Ferramenta |
| 8 | Serra manual | 1 | Ferramenta |
| 9 | Martelo | 1 | Ferramenta |
| 10 | Lima chata | 1 | Ferramenta |
| 11 | Furadeira/parafusadeira | 1 | Ferramenta |
| 12 | Broca 5 mm | 2 | Ferramenta |
| 13 | Broca 8 mm | 1 | Ferramenta |
| 14 | Luva pigmentada | 1 | EPI |
| 15 | Luva de poliéster | 2 | EPI |
| 16 | Óculos de proteção | 1 | EPI |
| 17 | Calçado de proteção | 1 | EPI |

**Fonte: Autoria própria.**

### 3.1.2 Montagem dos componentes elétricos

Após a retirada dos componentes antigos os quais não serão mais necessários, deu-se início à montagem dos componentes eletrônicos e sensores os quais fazem parte do protótipo.

Foram instalados quatro sensores para indicar o nivelamento dos quatro pavimentos (Figura 21) e dois sensores o para limite final (um de subida e um de descida). Na plataforma foi instalado um sensor micro switch para indicar ao controlador lógico o início da desaceleração da cabina, como mostra a Figura 22.

Após a instalação dos sensores, foi instalado o controlador lógico, responsável por toda a lógica de funcionamento do protótipo na parte inferior da torre para facilitar a operação e manutenção quando necessário. Ao lado do controlador lógico foi instalada a fonte chaveada de 24Vcc (Figura 24) para alimentação do controlador e dos sensores.

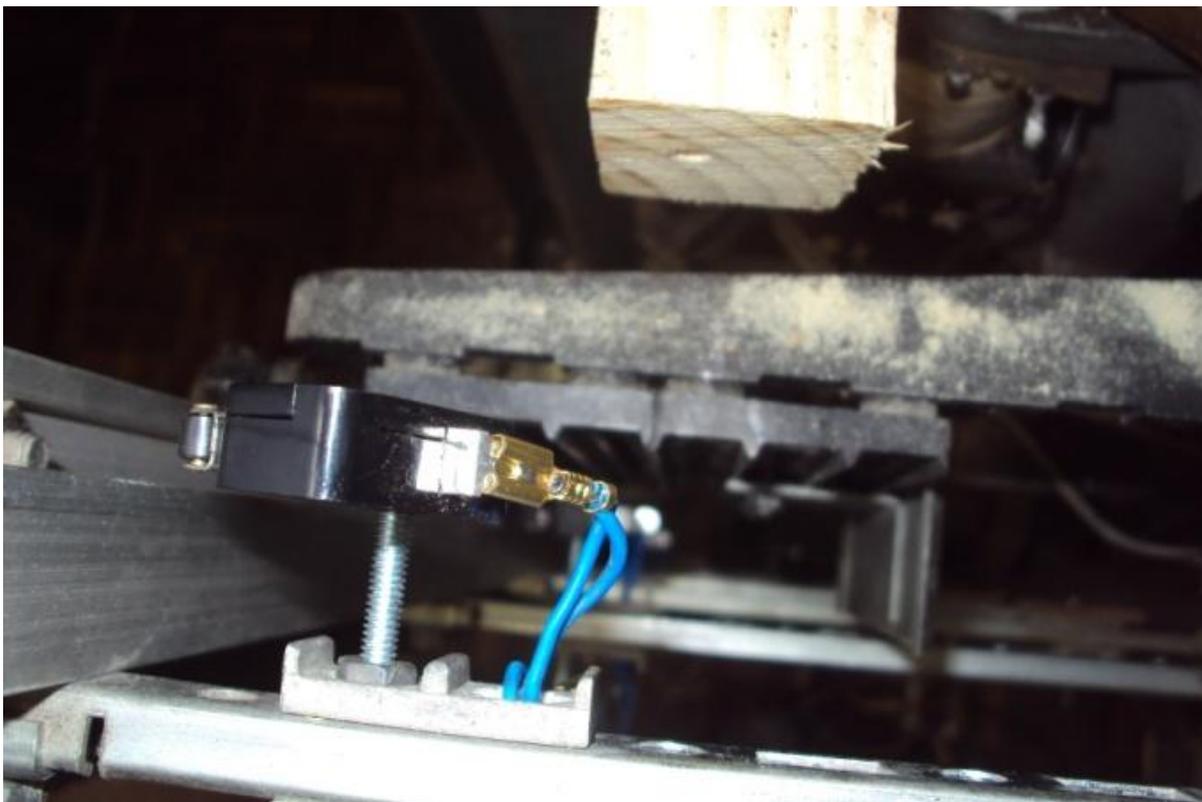



**Figura 21 - Micro switch de parada de pavimento.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

**Figura 22 - Micro switch utilizado para sensor de desaceleração.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

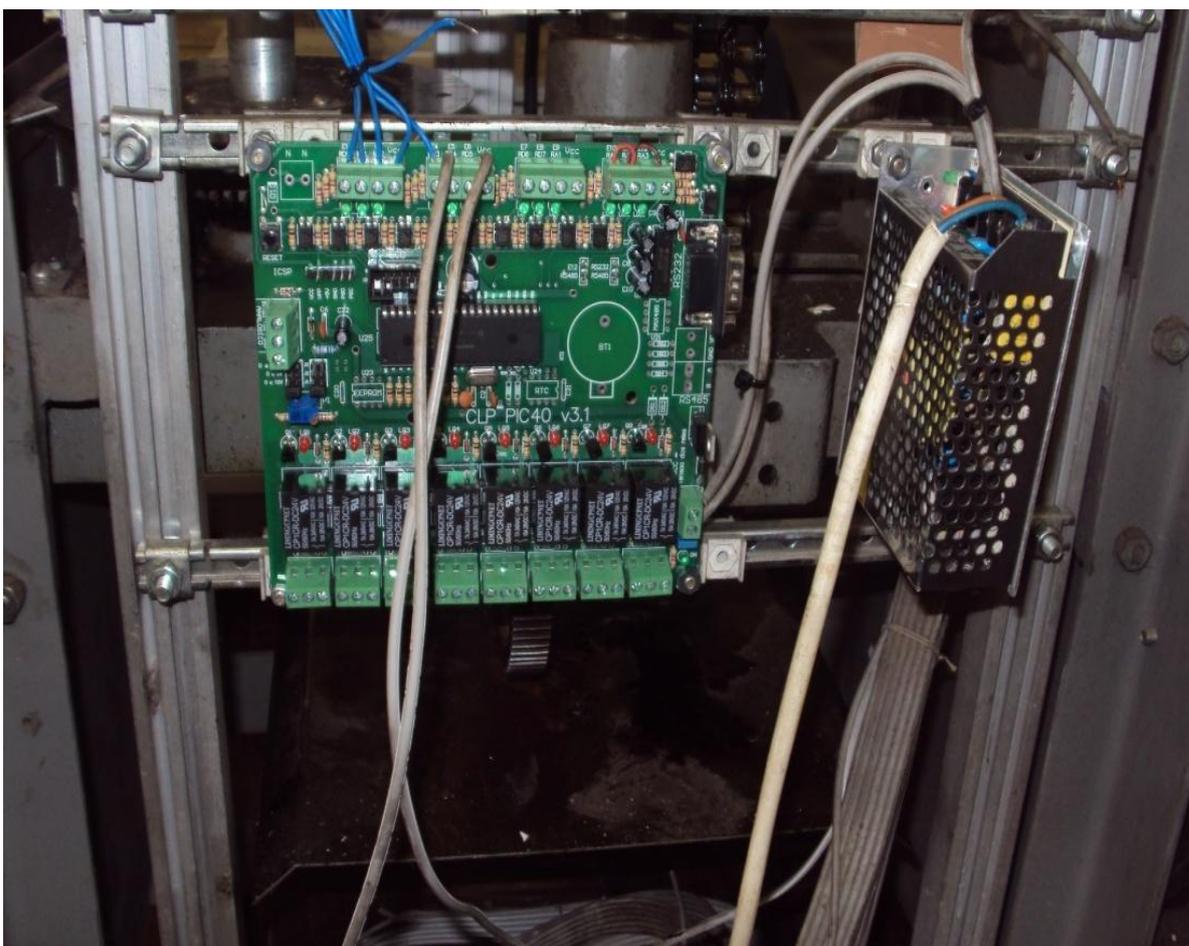



**Figura 23 - Fonte chaveada instalada ao lado do controlador lógico.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

Após a instalação do controlador lógico e a fonte chaveada foi instalada a fiação com a qual se ligam os sensores ao controlador lógico (Figuras 25 e 26), a alimentação da fonte à rede elétrica (127 Vca) e as conexões da torre responsáveis pela integração com a bancada do inversor de frequência.

Para finalizar a instalação da parte elétrica foi colocada uma tampa em acrílico na qual foram instalados os botões de chamado no modo NA com seus indicadores a LED na cor azul. Também foi instalada uma chave liga / desliga do sistema e os terminais de conexão (comunicação de sinais e ligação do motor de indução) com a bancada do inversor de frequência como mostram as Figuras 27 e 28. Essa tampa serve também para isolar os sensores e a plataforma contra contato acidental quando o sistema estiver em funcionamento.

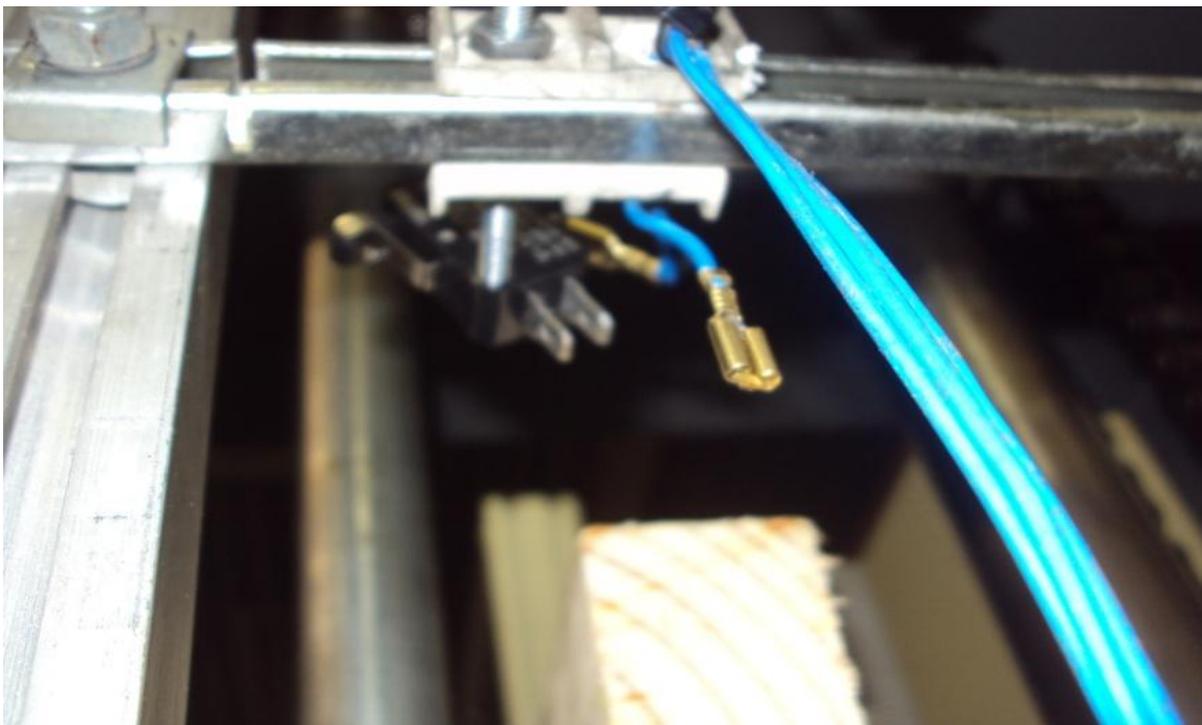



**Figura 24 - Detalhe da ligação de um sensor de pavimento ao controlador lógico.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

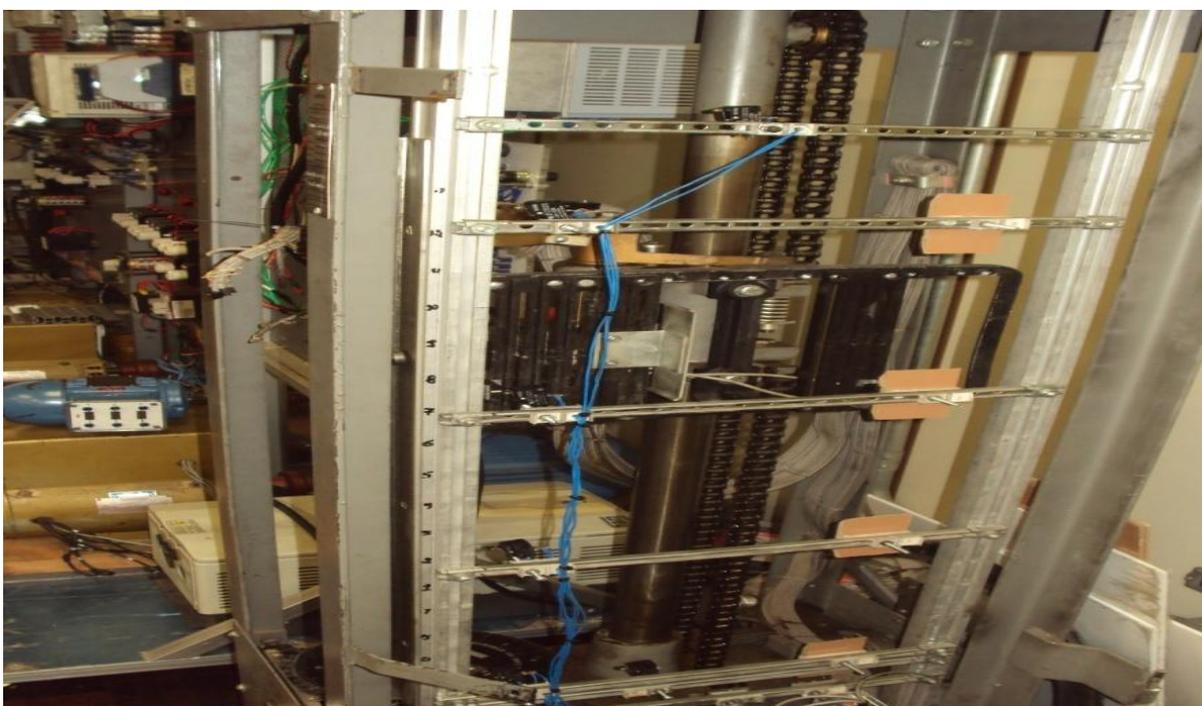



**Figura 25 - Ligação de todos os sensores ao controlador lógico.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

**Figura 26 - Conexões para comunicação da torre com a bancada do inversor.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

**Figura 27 - Chave liga/desliga e os botões de chamada**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

### 3.1.3 Montagem do motor de indução

O motor de indução trifásico é o atuador do sistema responsável pelo deslocamento mecânico da plataforma. As características principais do motor de indução utilizado no protótipo de elevador são:

- Potência= 0,16 cv;
- Frequência= 60 Hz;
- Corrente nominal= 1,2 A;
- Tensão nominal= 220 Vca (ligado em triângulo);
- Rotação= 820 rpm;
- Fator de serviço= 1,35;

O motor foi instalado em uma base de madeira fixado na torre, como mostra a Figura 29. Para acoplar o motor à polia de acionamento do sistema mecânico da torre foi utilizada uma correia em ‘V’.

A ligação elétrica do motor foi feita através das conexões instaladas na tampa de acrílico descrita anteriormente. O motor foi ligado em modo triângulo (para menor tensão 220V) porque a tensão de trabalho do inversor de frequência é de 220V.

## 3.2 O CONTROLADOR LÓGICO

O controlador lógico é uma placa de circuito impresso desenvolvida pela empresa VW Soluções. Ela foi adquirida para realizar o controle lógico do protótipo de elevador. Essa placa foi desenvolvida com base no microcontrolador PIC16F877A, porém pode ser utilizado qualquer microcontrolador PIC de 40 pinos da família 16F tendo em vista a compatibilidade dos pinos no suporte do microcontrolador na placa.

**Figura 28 - Acoplamento do motor com a torre.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

A placa possui várias funcionalidades permitindo que os operadores modifiquem variáveis pré-estabelecidas no projeto, conforme a necessidade do programador.

É composta de 12 entradas digitais, 08 saídas à relé (contatos reversíveis), 01 entrada analógica (0-5V ou 0-10V ou 0-20mA, com resolução de 10 bits). É possível instalar um display LCD no conector “LCD” (PortB) ou display LCD serial (RS232). O equipamento possui também comunicação serial através da porta RS232 ou RS485 (selecionável através de jumper) para se comunicar com um PC, com outra placa Clp Pic ou com qualquer outro equipamento que possua comunicação serial RS232 ou RS485.

### 3.2.1 Entradas digitais

Todas as entradas (item 1 Figura 29) são mapeadas por LEDS. São entradas para contato seco e todos os sensores digitais como, por exemplo, botões e chaves fim de curso. Também é possível a ligação de sensores de luz (LDRs) diretamente, sensores indutivos, capacitivos, fotoelétricos. A tensão de entrada pode variar entre 7 e 50Vcc para reconhecer estado alto na entrada.

O Quadro 2 abaixo descreve as entradas digitais do Controlador Lógico correspondentes com a nomenclatura dos pinos utilizados no Microcontrolador PIC16877A bem como a respectiva função desempenhada para o protótipo do elevador didático.

**Quadro 2 - Entradas digitais do Controlador Lógico**

| ENTRADA | NOMENCLATURA | FUNÇÃO |
|---|---|---|
| E1 | RD0 | Parada pavimento “T” |
| E2 | RD1 | Parada Pavimento “1” |
| E3 | RD2 | Parada pavimento “2” |
| E4 | RD3 | Parada pavimento “3” |
| E5 | RD4 | Sensor de desaceleração |
| E6 | RD5 | Chamado pavimento “T” |
| E7 | RD6 | Chamado pavimento “1” |
| E8 | RD7 | Chamado pavimento “2” |
| E9 | RA1 | Chamado pavimento “3” |
| E10 | RA2 | Sensor limites finais de subida e descida |
| E11 | RA4 | Sensor de abertura de porta |
| E12 | RA3 | Não utilizado |

**Fonte: Autoria própria.**

### 3.2.2 Saídas discretas à relé

Todas as saídas (item 2 Figura 29) são mapeadas por LEDS. Através das saídas a relés, é possível ligar/desligar dispositivos conectados à rede elétrica 127Vca ou 220Vca, ou mesmo aqueles alimentados com corrente contínua. Para ambas as fontes de energia, o consumo de corrente dos dispositivos não pode ultrapassar os 7,5A (em 127Vca) e, 5A (em 220Vca).

Para a comunicação com a bancada do inversor de frequência foi utilizado a alimentação de 24Vcc do próprio inversor e os pinos conforme o Quadro 3.

### 3.2.3 Microcontrolador PIC16F877A

O Microcontrolador é um dispositivo compacto como um computador num chip composto por um processador, memória e periféricos de entrada e saída. Pode ser programado para funções específicas e, são embarcados no interior de outro dispositivo para que possa controlar as funções e/ou ações programadas.

**Figura 29 - Placa de controle.**
**Fonte: Manual VW Soluções.**

**Quadro 3 - Saídas discretas a relé**

| SAÍDA | NOMENCLATURA | FUNÇÃO |
|---|---|---|
| S1 | RC0 | Não utilizado |
| S2 | RC1 | Entrada DI1 inversor Liga/ Para |
| S3 | RC2 | Entrada DI2 inversor Sentido Giro |
| S4 | RC3 | Entrada DI6 inversor desaceleração |
| S5 | RC4 | Indicador chamado pavimento “T” |
| S6 | RC5 | Indicador chamado pavimento “1” |
| S7 | RC6 | Indicador chamado pavimento “2” |
| S8 | RC7 | Indicador chamado pavimento “3” |

**Fonte: Autoria própria.**

O item número 3 da Figura 29 é o microcontrolador PIC16F877A utilizado para controlar todas as funções da placa de controle, como as saídas (S1 a S8), comunicação Serial (RS232 ou RS485), barramento I2C, entradas digitais (E1 a E12) e entrada analógica. O PIC16F877A é um microcontrolador da família de 8 bits e núcleo de 14 bits de fabricação da *Microchip*[10] *Tecnology.*

### 3.2.4 Alimentação da placa

A fonte de alimentação é um componente essencial, pois é necessário para a alimentação de energia elétrica dos sensores e do controlador lógico. A fonte utilizada como mostra a Figura 30, é uma fonte chaveada com entrada de 127/220 Vca e saída de 24 Vcc.

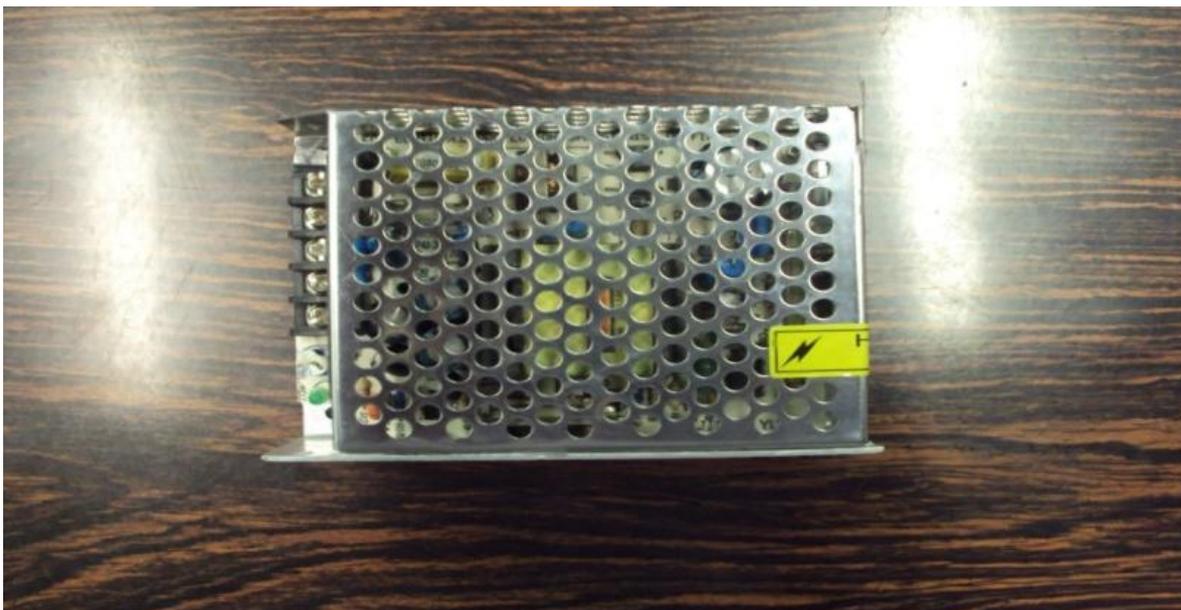



**Figura 30 - Fonte chaveada de 24vcc.**
**Fonte: Autoria própria.**

A alimentação da placa é de 24Vcc através dos pinos do item 13 indicado na Figura 29, lembrando que os relés de saída recebem a mesma tensão de alimentação da placa em sua bobina, quando são acionados.

[10] **Microchip Technology Inc.** é uma empresa norte americana de semicondutores, com sede em Chandler – Arizona – EUA.

A tensão de referência para os sensores do protótipo dependem da alimentação da placa para evitar incompatibilidade no tratamento dos sinais de entrada.

Outro item importante que deve ser mencionado é o botão de reset da placa (item 17 Figura 29). Esse botão serve para zerar a memória flash caso o sistema venha a travar e pare de funcionar ou se desejar dar um reset no processo.

### 3.2.5 Lógica de controle

A lógica de controle do elevador didático foi desenvolvida com base nas normas técnicas NBR 5666 e NM 207 as quais determinam a terminologia dos componentes do sistema de um elevador e condições de segurança para instalação e uso de elevadores elétricos de passageiros.

O comando do elevador didático é o Comando Automático Coletivo Seletivo (ACS), ou seja, segundo a norma (NBR 5666 Elevadores elétricos de passageiros) o atendimento aos chamados é feito respeitando o sentido da viagem como, por exemplo:

A cabina está no segundo pavimento e é realizado uma chamada para o quarto pavimento, logo o controle registra a chamada e aciona a movimentação para subir, porém se houver uma chamada no primeiro pavimento ele será atendido apenas quando for concluído o atendimento ao quarto andar.

Em outro exemplo, se a cabina estiver subindo para atendimento de uma chamada e ocorrer uma chamada para um andar próximo em que a cabina ainda não passou então o controlador irá preparar a redução e atendimento a essa chamada.

Para atender uma chamada o controlador verifica todos os dispositivos de segurança bem como portas de pavimento e cabina, compara a posição do carro em relação ao pavimento chamado então determina o sentido de movimentação da cabina acionando o inversor de frequência. A Figura 31 mostra o fluxograma do processo.

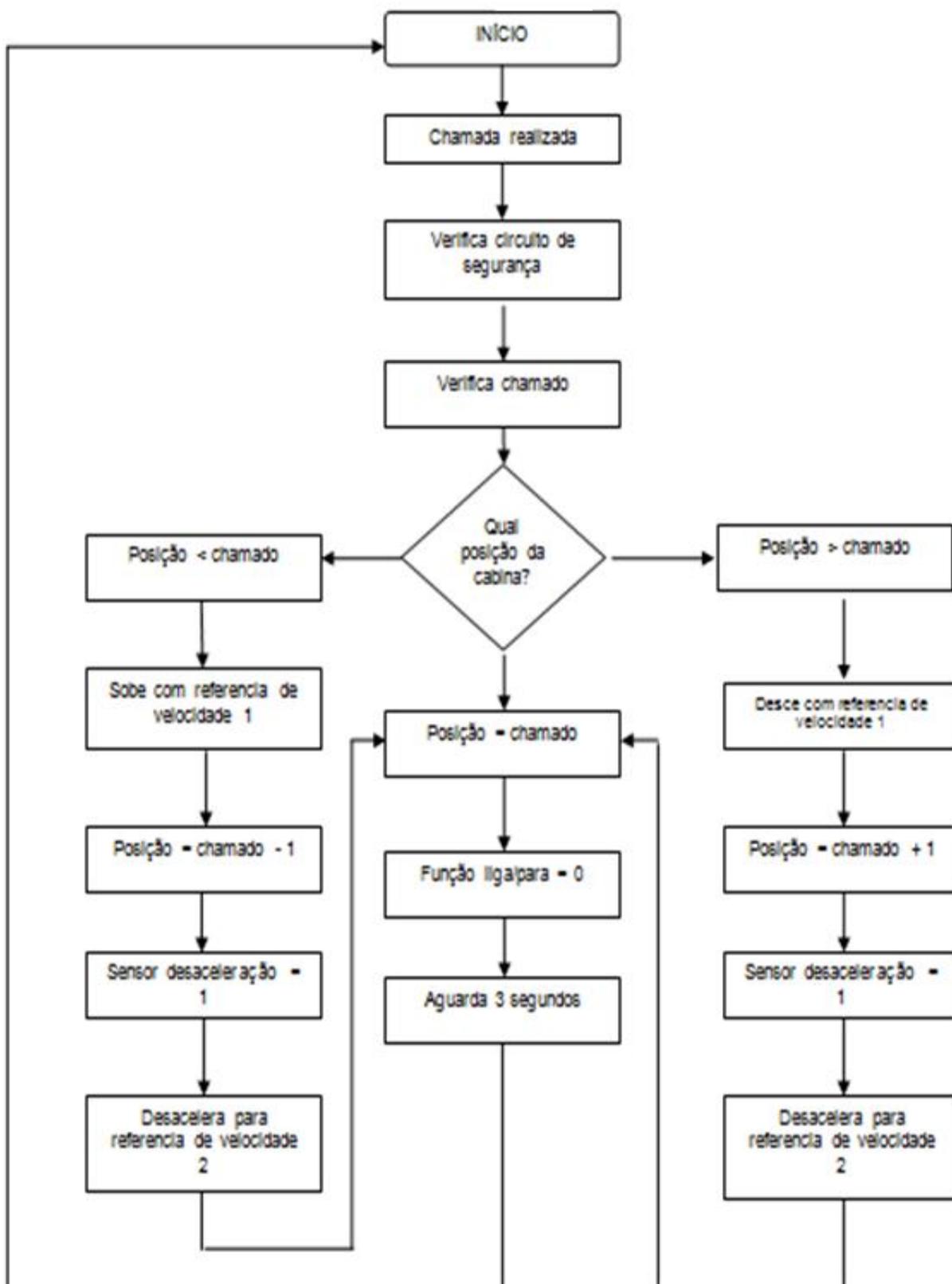



**Figura 31 - Fluxograma de atendimento a uma chamada.**
**Fonte: Autoria própria.**

## 3.3 CONTROLE DE ACIONAMENTO

O controle do acionamento do motor de indução é realizado através da comunicação entre o controlador lógico (placa de controle) e o inversor de frequência.

O inversor de frequência também é um elemento importante no sistema do elevador, pois é possível o controle suave de aceleração e desaceleração do motor CA, o que proporciona mais conforto no uso do elevador, além da economia de energia elétrica e redução de perdas no motor, como redução de aquecimento em velocidades baixas. Segundo Capelli (2006) a eficiência energética pode ser alcançada com a melhoria no sistema substituindo controles eletromagnéticos que possuem baixo fator de potência por controles eletrônicos no caso o inversor de frequência, além de reduzir os resíduos para o meio ambiente.

O inversor utilizado no protótipo é um modelo WEG CFW 09 (Figura 32) montado numa bancada utilizada nas aulas do laboratório de máquinas especiais da UTFPR. No Apêndice A está descrito a parametrização do inversor utilizado.

**Figura 32- Inversor de frequência WEG CFW 09.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

No momento da partida o controlador lógico faz com que a sua saída S1 vá para nível alto indicando início de aceleração para que o inversor faça o motor partir na referência de velocidade 1. A saída S2 permanece em nível baixo no sentido de subida da plataforma e nível alto para sentido de descida da plataforma. Na desaceleração o controlador faz a saída S3 ir para nível alto indicando ao inversor a mudança na referência de velocidade 2.

## 3.4 SOFTWARE DO MICROCONTROLADOR

O software do microcontrolador foi desenvolvido no programa MPLab da Microchip. Foi escrito em linguagem C, pois segundo Pereira (2007) o uso de linguagem C permite a construção de programas mais complexos do que seria viável utilizando *Assembly*, além de serem mais velozes na resposta e facilidades para compreensão e, menor tamanho do programa, pois a lógica de controle do elevador é complexa.

Para exemplificar, seguem alguns trechos do programa com suas descrições.

Para que o microcontrolador PIC16F877A possa ser gravado com o programa principal é necessário fazer a configuração inicial, pois o compilador CCSC do MPLAB necessita dessas informações que estão gravadas em sua biblioteca.

```
#include “16F877A.h”

; _CP_OFF                          //Memória de programa desprotegida contra leitura;
; _DEBUG_OFF                       //Debug desativado;
; _WRT_OFF                         //Sem permissão p/ escrever na memória de programa durante
execução do programa;
; _CPD_OFF                         //Memória Eeprom protegida contra leitura;
; _LVP_OFF                         //Programação em baixa tensão desabilitada;
; _BODEN_OFF                       //Brown - out desativado;
; _PWRTE_ON                        //Power-on reset ativado;
; _WDT_
OFF                        //WDT desativado;
; _XT_OSC                          //Oscilador a cristal (4MHz).
#define E1 portd.f0
#define E2 portd.f1
#define E3 portd.f2
#define E4 portd.f3
#define E5 portd.f4
#define E6 portd.f5
#define E7 portd.f6
```

```
#define E8 portd.f7
#define E9 porta.f1
#define E10 porta.f2
#define E11 porta.f3
#define E12 porta.f4
#define S1 portc.f0
#define S2 portc.f2
#define S3 portc.f1
#define S4 porta.f5
#define S5 porte.f0
#define S6 porte.f1
#define S7 porte.f2
#define S8 portc.f5
//-------------------------------------------
//Criação das variáveis globais
//-------------------------------------------
int Andar = 0;
static int viContador;
int Segundos;
int Pino6;
int Pino5;
int Pino4;
int Pino3;

//-------------------------------------------
//inicio do programa
//-------------------------------------------
void main(){
trisa=0b11011111;
trisb=0b00000000;
trisc=0b00011000;
trisd=0b11111111;
trise=0b000;
adcon1=0b00001110;
```

A função de indicador de chamada faz o registro da chamada solicitada através dos pinos de entrada, e devolve o resultado do pavimento correspondente nos pinos de saída para o indicador a LED.

```
#int_timer0

void ControleTimer(){
if(input(PIN_A6) == 1){        //Se tiver no terreo ou 1 andar ou 2 andar e for chamado no 3 andar
Pino6 = 1;
output_high(pin_c7);           //3 Andar
}
if(input(PIN_A5) == 1){        //Se tiver no terreo ou 1 andar ou 3 andar e for chamado no 2 andar
Pino5 = 1;
output_high(pin_c6);           //2 Andar
}
if(input(PIN_A4) == 1){        //Se tiver no terreo ou 2 andar ou 3 andar e for chamado no 1 andar
Pino4 = 1;
output_high(pin_c5);           //1 andar
}
if(input(PIN_A3) == 1){        //Se tiver no 1andar  ou 2 andar ou 3 andar e for chamado no terreo
Pino3 = 1;
output_high(pin_c4);           // terreo
}
```

```
set_timer0(131-get_timer0());
viContador++;
}
```

Função de andar, esta parte do programa é a lógica de atendimento de chamado. Como descrito anteriormente é o Comando Automático Coletivo Seletivo (ACS) no qual o atendimento ao chamado é feito respeitando o sentido de viagem. O exemplo a seguir é para o andar 1 repetindo para os outros andares.

```
int FuncAndar_1(){
output_low(pin_c5);                    //Não pode ser feito chamada no 1 andar
Pino4 = 0;
Segundos = 0;
if (Pino3 == 1){                       // posição terreo
delay_ms(2000);

MovimentaElevador( saida_2);           //sobe para o 1 andar
Andar = 0;
Pino3 = 0;
output_low(pin_c4);
return 0;
}
if (Pino5 == 1){                       //posição 2 andar
delay_ms(2000);
MovimentaElevador(saida_1);            //desce para 1 andar
Andar = 2;
Pino5 = 0;
output_low(pin_c6);
return 0;
}
if (Pino6 == 1){                       // posição 3 andar
delay_ms(2000);
MovimentaElevador(saida_1);            //desce para 1 andar
Andar = 3;
Pino6 = 0;
output_low(pin_c7);
return 0;
}
while(Andar == 1){
output_low(pin_c5);                    //Não pode ser feito chamada no 1 andar
Pino4 = 0;
if (Pino3 == 1){
delay_ms(2000);
MovimentaElevador(saida_2);            //sobe  para o 1 andar
Andar = 0;
Pino3 = 0;
output_low(pin_c4);
return 0;
}
if (Pino5 == 1){
delay_ms(2000);
MovimentaElevador(saída_1);            //desce para 1 andar
Andar = 2;
Pino5 = 0;
```

```
output_low(pin_c6);
return 0;
}
if (Pino6 == 1){
delay_ms(2000);
MovimentaElevador(saída_1);          //desce para 1 andar
Andar =3;
Pino6 = 0;
output_low(pin_c7);
return 0;
}
if(input(PIN_B4) == 0){              //Se desligar o sistema retorna para o MAIN()
return 0;
}

}                                    //Fim do  WHILE

}                                    //Fim da função FuncAndar_1
```

A função a seguir serve para que a lógica do controlador esteja em funcionamento enquanto o sistema estiver ligado e a segurança correta, ou seja, enquanto a condição for verdadeira o programa vai executar o bloco de comandos associado e a condição é novamente avaliada, reiniciando o laço chamado de loop infinito.

```
while(true){
if (input(PIN_B4) == 1){          //Sistema ligado
if (Andar == 0){
FuncAndar_T();
}
if (Andar == 1){
FuncAndar_1();
}

if(Andar == 2){
FuncAndar_2();
}
if(Andar == 3){
FuncAndar_3();
}
}
}
```

## 3.5 ESQUEMA ELÉTRICO

O esquema elétrico segundo Cavalin & Ceverlin (2009) é a representação de uma instalação elétrica ou partes da instalação a qual indica os pontos de ligação de entradas e saídas de dispositivos instalados num circuito elétrico.

No esquema elétrico está contida toda a ligação elétrica do sistema do elevador, serve tanto para referência na montagem do equipamento quanto para diagnóstico e resolução de falhas e defeitos, pois segundo Junghans (2007), o esquema elétrico permite que o projeto seja executado exatamente como definido pelo projetista, deve atender as normas de desenho técnico e, abranger o sistema como um todo.

# 4 TESTES DE VALIDAÇÃO

Após os trabalhos de desmontagem e montagem do protótipo de elevador foram realizados os testes no protótipo com a finalidade de validar as expectativas do projeto. Os testes compreendem a fase de funcionamento do protótipo na prática, as verificações de conexões e ligações elétricas, bem como a integração entre os subsistemas do protótipo de elevador: subsistema de controle, subsistema de sinais e subsistema de acionamento.

Neste capítulo serão descritos quais e como foram os procedimentos realizados nos testes. O objetivo de cada teste além dos resultados obtidos com os testes validando a expectativa do projeto.

## 4.1 TESTES DA TORRE E BANCADA

O objetivo dos testes da torre e da bancada do inversor é garantir o correto funcionamento do sistema do elevador, evitar defeitos ocasionados por ligações erradas, instalação de sensores, acoplamento mecânico, conexões frouxas, curto-circuito e prevenir acidentes conforme a norma regulamentadora NR10 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

### 4.1.1 Teste da ligação elétrica

Esse procedimento foi realizado com o uso de um multímetro digital (figura 33) aferindo as ligações elétricas (Quadro 4) dos sensores, placa de controle, conectores e motor conforme tabela abaixo. O objetivo desse teste é garantir a comunicação dos sinais de entrada e saída de todos os componentes elétricos do sistema de elevador didático.

**Quadro 4 - Testes das ligações elétricas.**

| TESTE DA LIGAÇÃOELÉTRICA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ITEM | PROCEDIMENTO | OBJETIVO | MODO | RESULTADO | FIGURA |
| 1 | Testar a alimentação dos sensores | Confirmar a alimentação dos sensores | Medição com multiteste em escala de continuidade | OK | 34 |
| 2 | Testar as ligações dos comandos dos sensores e suas conexões | Confirmar a ligação dos sensores com placa de controle | Medição com multiteste em escala de continuidade | OK | 34 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Testar a resposta dos sensores | Confirmar a resposta dos sinais dos sensores | Medição com multiteste em escala de tensão contínua | OK | 36 |
| 4 | Testar a ligação das conexões que integram a torre com a bancada do inversor | Confirmar integração com bancada do inversor | Medição com multiteste em escala de continuidade | OK | 33 |
| 5 | Testar a alimentação da placa de controle | Confirmar alimentação do sistema | Medição com multiteste em escala de tensão contínua | OK | 35 |
| 6 | Testar a ligação do motor de indução | Confirmar a operação do motor | Medição com multiteste em escala de continuidade | OK | ND |

**Fonte: Autoria própria.**

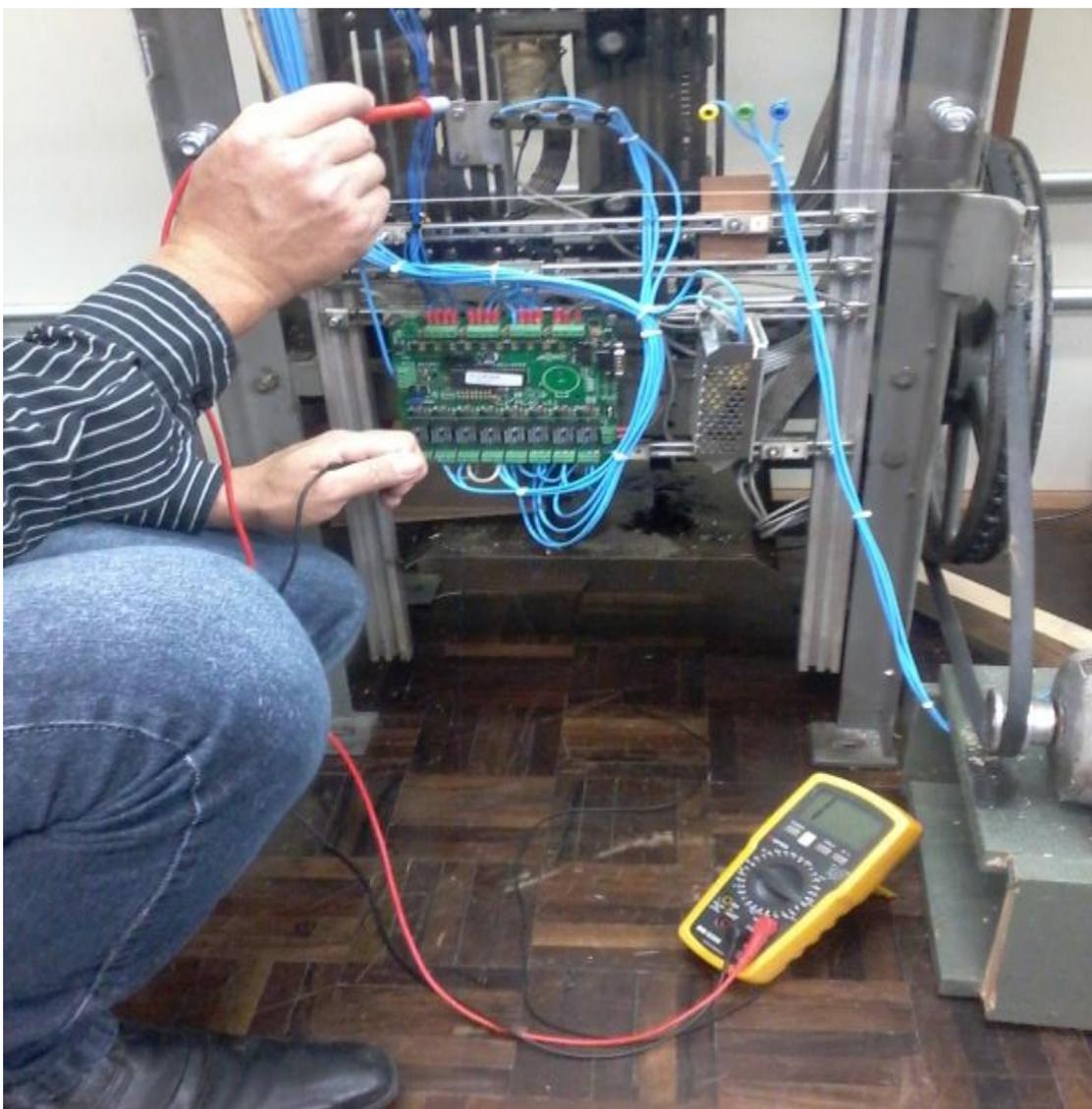



**Figura 33 - Teste de conexão com a bancada.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

**Figura 34 - Teste de alimentação dos sensores.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

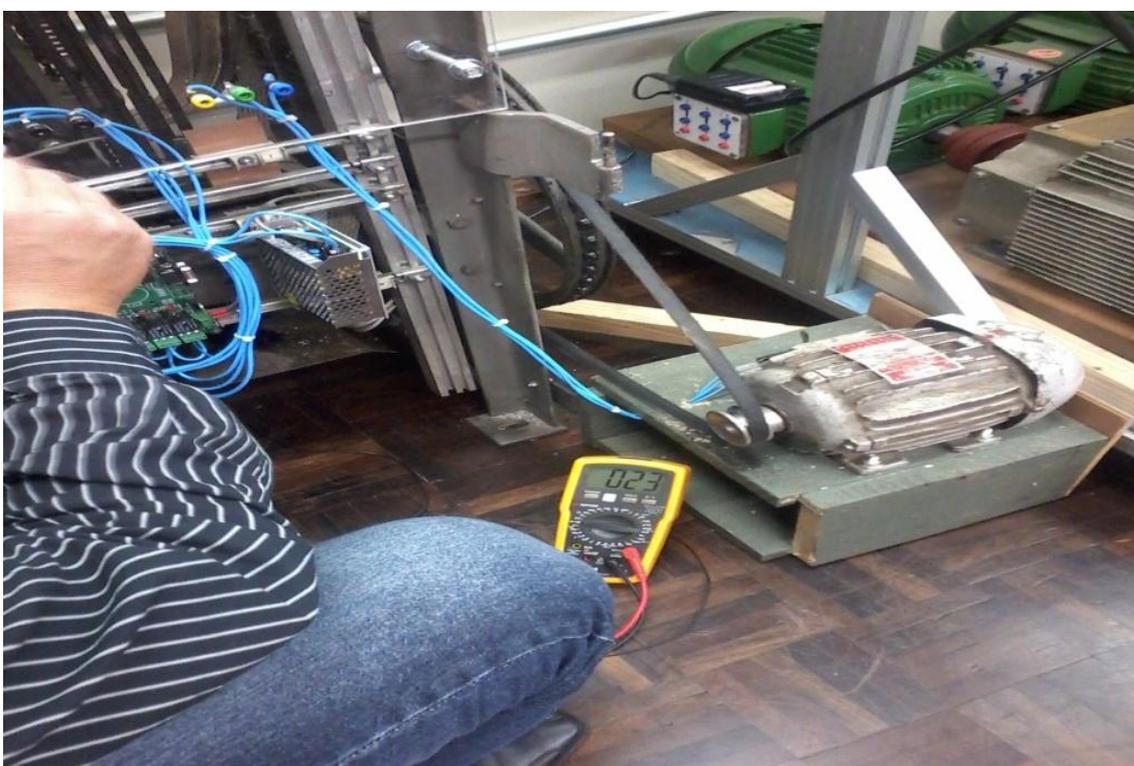



**Figura 35- Teste da alimentação da placa de controle.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

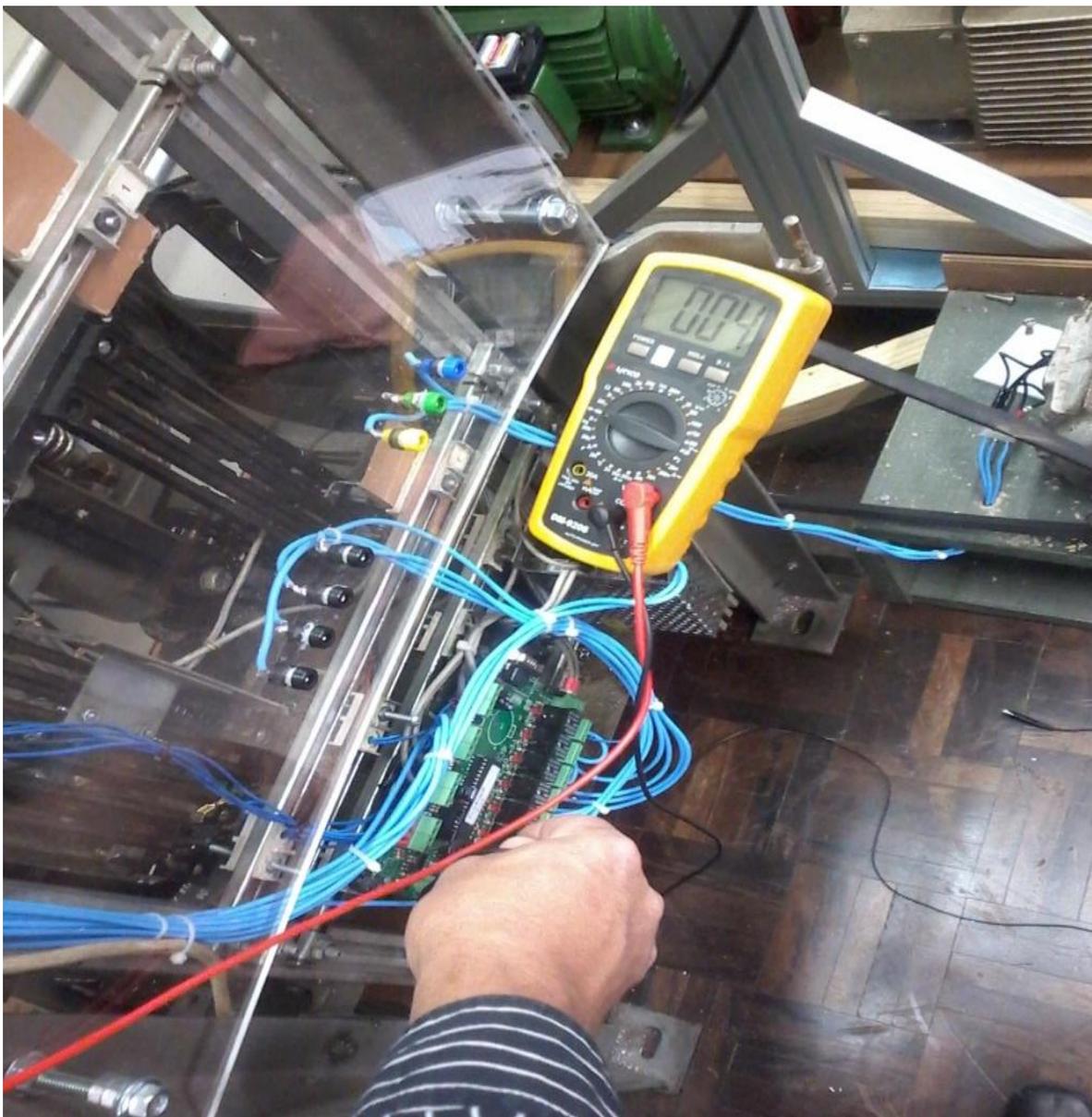



**Figura 36 - Teste de resposta dos sensores.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

.

### 4.1.2 Conjunto mecânico

A torre possui em seu sistema mecânico várias engrenagens (Figura 37) as quais devem estar lubrificadas para reduzir o atrito mecânico das partes e garantir a movimentação do sistema do elevador.

Foi realizado o teste de verificação de todo o sistema mecânico da torre incluindo movimentação correta e livre das engrenagens e a lubrificação das partes.

O Quadro 5 descreve o teste realizado no conjunto mecânico.

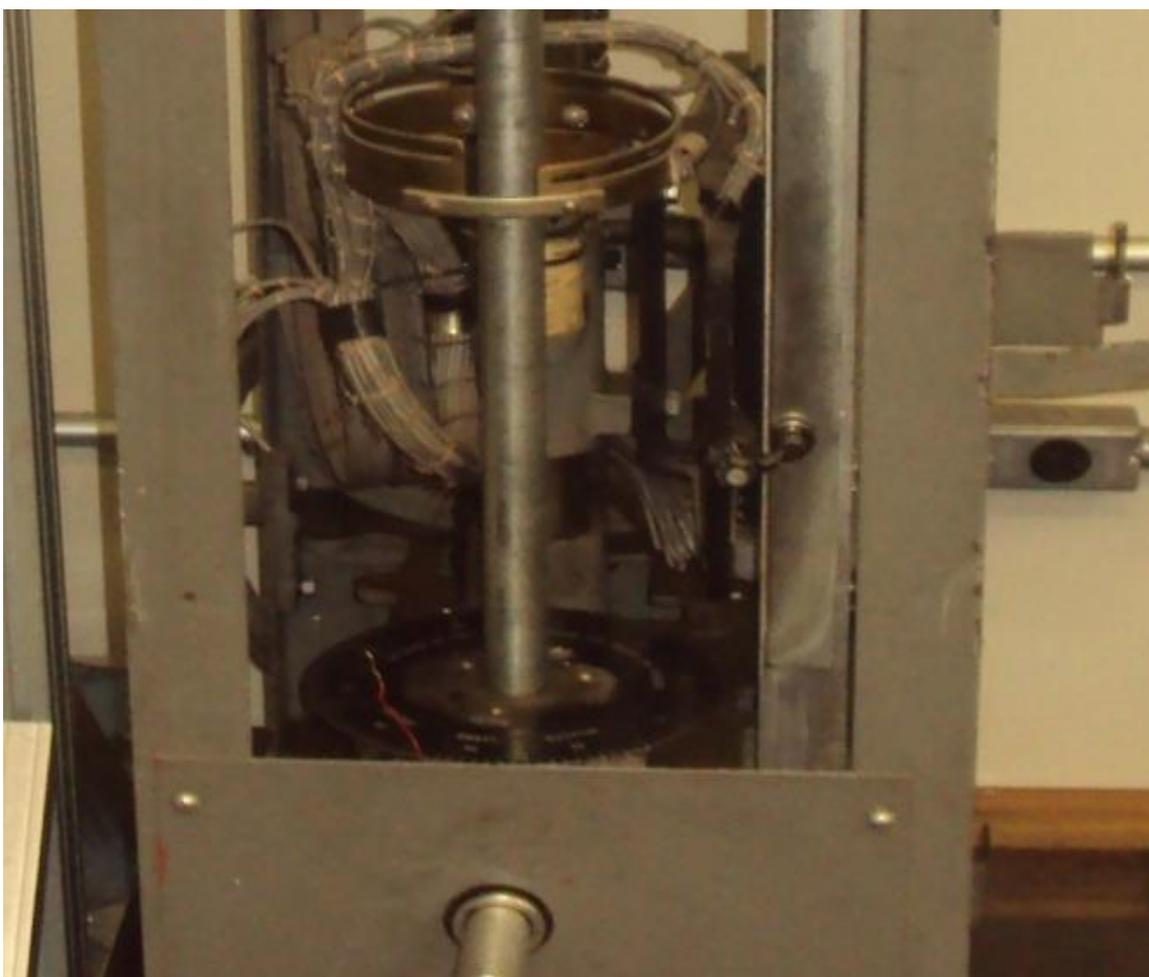



**Figura 37 - Engrenagem da torre simuladora.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

**Quadro 5 - Testes no conjunto mecânico.**

| ITEM | PROCEDIMENTO | OBJETIVO | MODO | RESULTADO |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Testar as engrenagens com sistema elétrico desligado | Confirmar lubrificação e movimento livre do sistema com segurança | Movimentação das peças de forma manual | OK |
| 2 | Testar as engrenagens com sistema elétrico ligado | Confirmar movimento livre do sistema em modo automático | Realizando chamados nas botoeiras de pavimentos | OK |

**Fonte: Autoria própria.**

### 4.1.3 Bancada do inversor de frequência

Nessa fase foram feitos os testes elétricos (fiação e conexão) e aferidos os parâmetros do inversor CFW 09 conforme a resposta aos comandos de chamadas do elevador conforme o Quadro 6 a seguir.

Quadro 6 - Testes da bancada do inversor.

| ITEM | PROCEDIMENTO | OBJETIVO | MODO | RESULTADO |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Testar as conexões com a torre | Garantir a comunicação com a torre e motor | Medição com multiteste em escala de continuidade | OK |
| 2 | Testar a alimentação da bancada | Confirmar a alimentação do inversor de frequência | Medição com multiteste em escala de tensão alternada | OK |
| 3 | Testar a resposta aos parâmetros em modo manual | Confirmar resposta dos parâmetros gravados | Com uso das chaves de comando da bancada | OK |
| 6 | Testar a resposta aos parâmetros em modo automático | Garantir o funcionamento correto em relação à resposta aos parâmetros gravados | Através de chamados nas botoeiras de pavimento | OK |

**Fonte: Autoria própria.**

Foi necessário realizar ajustes em alguns parâmetros do inversor para melhorar o conforto na aceleração, desaceleração e parada da cabina. Seguem abaixo no Quadro 7, os parâmetros que foram necessários reajustes conforme a resposta aos comandos da torre:

Quadro 7 - Relação dos ajustes dos parâmetros do inversor.

| PARÂMETRO | VALOR ANTERIOR | VALOR POSTERIOR |
|---|---|---|
| **P 100** | 2.0 | 5.0 |
| **P 101** | 1.5 | 2.0 |
| **P 124** | 100 | 80 |
| **P 125** | 150 | 100 |
| **P 126** | 900 | 700 |

**Fonte: Autoria própria**.

## 4.2 TESTES DA PLACA DE CONTROLE

Os testes da placa de controle foram realizados com a finalidade de verificação das ligações elétricas e conexões com seus periféricos (sensores, botões, indicadores a LED, bancada do inversor) e validar a lógica de controle descrita no Capítulo 3.

### 4.2.1 Teste de conexões

Nesta subseção será exemplificado apenas um teste realizado simulando a posição da plataforma e a resposta a um chamado realizado, todos os outros testes com a plataforma em outras posições e chamado em outros pavimentos foram realizados da mesma forma e os resultados também foram satisfatórios.

- **Procedimento:** Testar as entradas e saídas da placa de controle simulando chamado para o 2º pavimento com a posição da plataforma no 1º pavimento;
- **Objetivo:** Verificar a resposta das saídas da placa de controle conforme os sinais de entrada;
- **Resultado:** Com os sinais de entrada correspondente aos sensores ativos e realizada a chamada no 2º pavimento através de seu respectivo botão as saídas responderam conforme mostra o Quadro 8.

**Quadro 8 - Resposta das saídas conforme sinais de entrada.**

| ITEM | ENTRADAS | | | | | | | | | | | SAÍDA | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 | E11 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | X | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| **5** | **0** | **1** | **0** | **0** | **1** | **0** | **0** | **0** | **0** | **1** | **1** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** |

**Fonte: Autoria própria.**

**Item 1:** entradas E1 (sensor do 1º pavimento), E5 (sensor de desaceleração) e E7 (botão de chamado 2º pavimento) ativos. Entradas E10 (circuito de segurança) e E11 (sensor de portas) em nível baixo. Resultado saídas todas desativadas (nível Baixo) indicando que mesmo a plataforma estando no 1º pavimento e sendo realizado um chamado no 2º pavimento o controlador não irá acionar a movimentação pois o circuito de segurança e de porta está em nível baixo, ou seja, a plataforma está no limite inferior e com as portas abertas.

**Item 2:** entradas E1, E5, E7, E10 e E11 ativas ( nível alto). Resultado saídas S2 (liga/para do inversor), S4 (referência 2 de velocidade) e S6 em nível alto indicando que o controle determinou aceleração em sentido de subida para atender o chamado para o pavimento 2º, pois nesta situação a plataforma já está fora do limite inferior e as portas fechadas.

**Item 3:** a entrada E7 (botão de chamado do 2º pavimento) nesse caso já não importa o seu nível pois as entradas de chamado de pavimento tem característica

apenas de pulso. Com as outras entradas em nível baixo, somente as entradas E10 e E11 em nível alto, as saídas continuam como o item 2.

**Item 4:** neste item ocorre a comutação da entrada E5 indicando que a plataforma atingiu o sensor de desaceleração então a saída S4 comuta para nível baixo indicando velocidade de referência 1 para desacelerar o motor e reduzir a velocidade da plataforma.

**Item 5:** entradas E2 (sensor de posição da plataforma no 2º pavimento), E5 (sensor de desaceleração), e10 e E11 em nível alto e demais entradas em nível baixo. Todas as saídas em nível baixo indica que o chamado para o 2º pavimento foi atendido e a plataforma está nivelada, controlador está pronto para atender próximo chamado.

### 4.2.2 Teste da lógica de controle

O teste da lógica de controle foi realizado fazendo várias chamadas em todos os andares para garantir as atribuições e validar as expectativas do projeto. A seguir serão descritos alguns testes realizados, ressaltando que os outros testes não mostrados neste trabalho são repetição não sendo necessário a sua demonstração.

1 - Registro e atendimento aos chamados:

- **Procedimento a:** realizar chamado através dos botões de chamado dos pavimentos 2º, 3º e 4º (Figura 38).
- **Objetivo:** Confirmar direção de subida, desaceleração e parada em todos os andares na sequência ascendente dos chamados respeitando a prioridade de atendimento.
- **Resultado:** A plataforma subiu sucessivamente em todos os pavimentos reduzindo a velocidade e parando andar por andar.

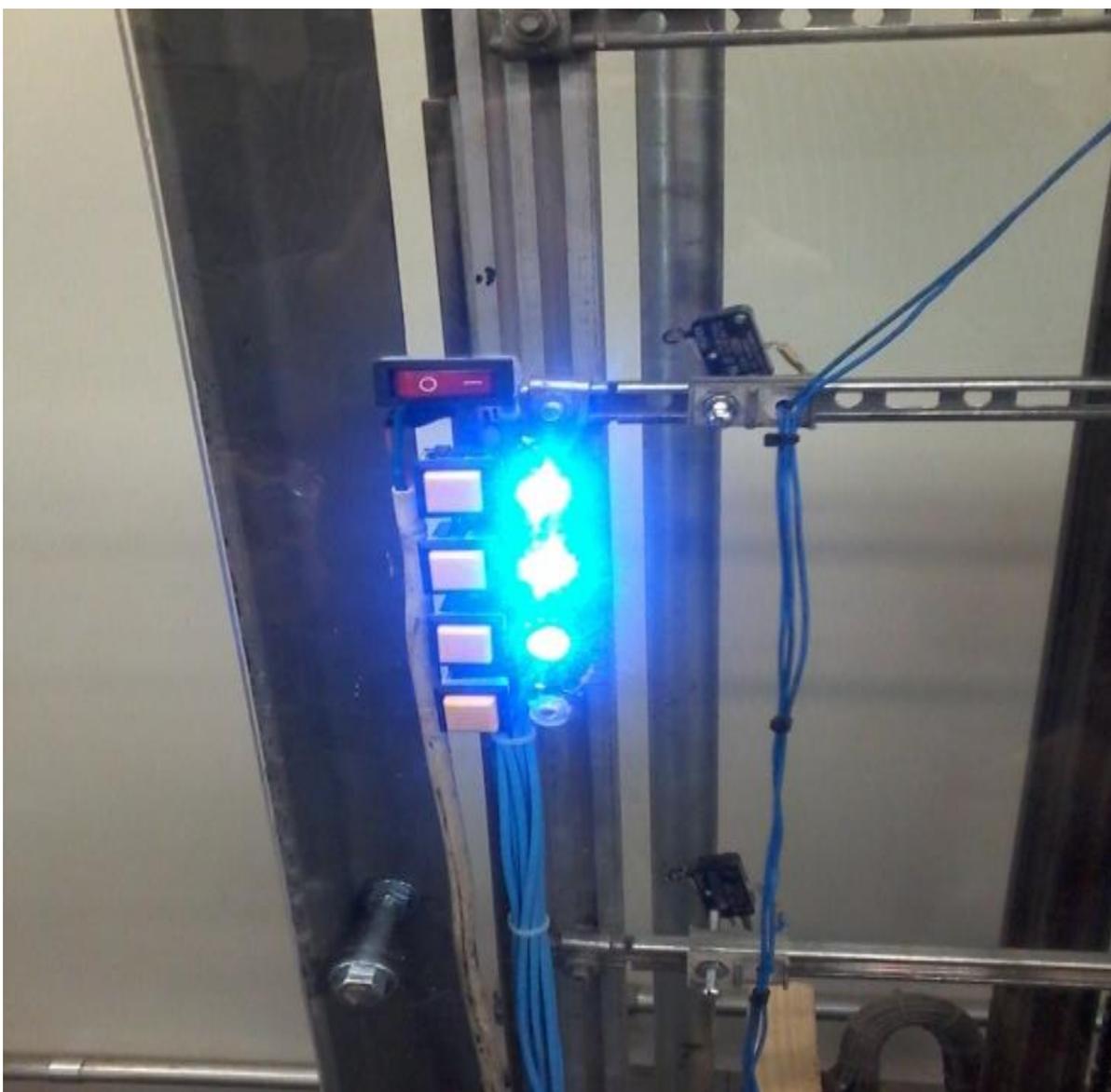



**Figura 38 - Registro de chamado ascendente nos pavimentos 2, 3 e 4.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

- **Procedimento b:** com a plataforma no 4º pavimento fazer chamado em todos os andares abaixo através dos botões de chamado dos pavimentos 3º, 2º e 1º (Figura 39).
- **Objetivo:** Confirmar direção de descida, desaceleração e parada em todos os andares na sequência descendente dos chamados.
- **Resultado:** A cabina desceu sucessivamente em todos os pavimentos reduzindo e parando andar por andar.

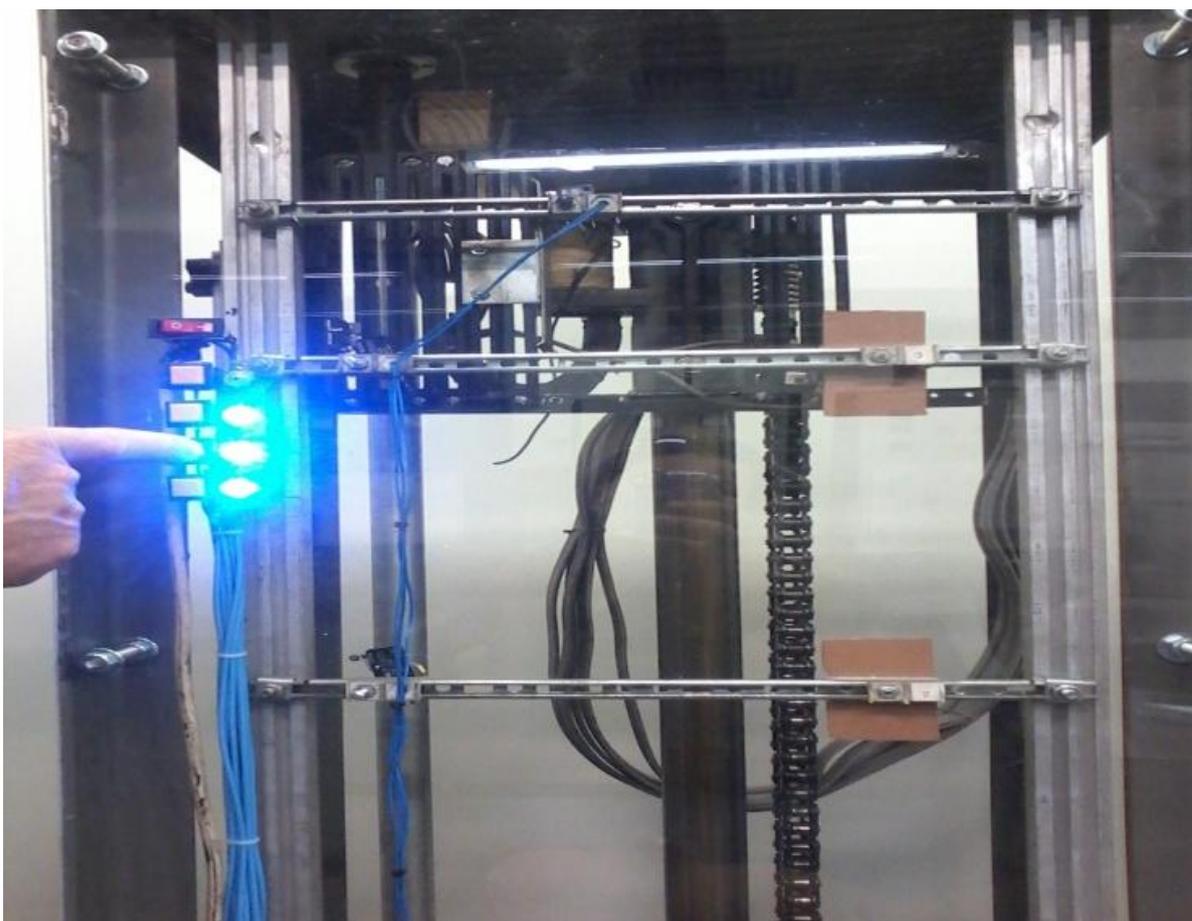



**Figura 39 - Registro de chamados descendente nos pavimentos 3, 2 e 1.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

- **Procedimento c:** com a plataforma no 1º pavimento fazer chamado no 4º pavimento através do botão de chamado do 4º pavimento.
- **Objetivo:** Confirmar a subida da plataforma até o 4° pavimento.
- **Resultado:** A cabina subiu desacelerando na rampa de acionamento antes de nivelar no 4º pavimento sem parar nos pavimentos intermediários.

- **Procedimento d:** com a plataforma no 4º pavimento realizar chamado no 2º e 1º pavimentos através dos seus botões de chamados (Figura 40).
- **Objetivo:** Confirmar resposta aos chamados nos pavimentos 1º e 2º na direção de descida.
- **Resposta:** A plataforma desceu reduzindo a velocidade e parando primeiramente no 2º e em seguida no 1º pavimento, confirmando a lógica de atendimento.

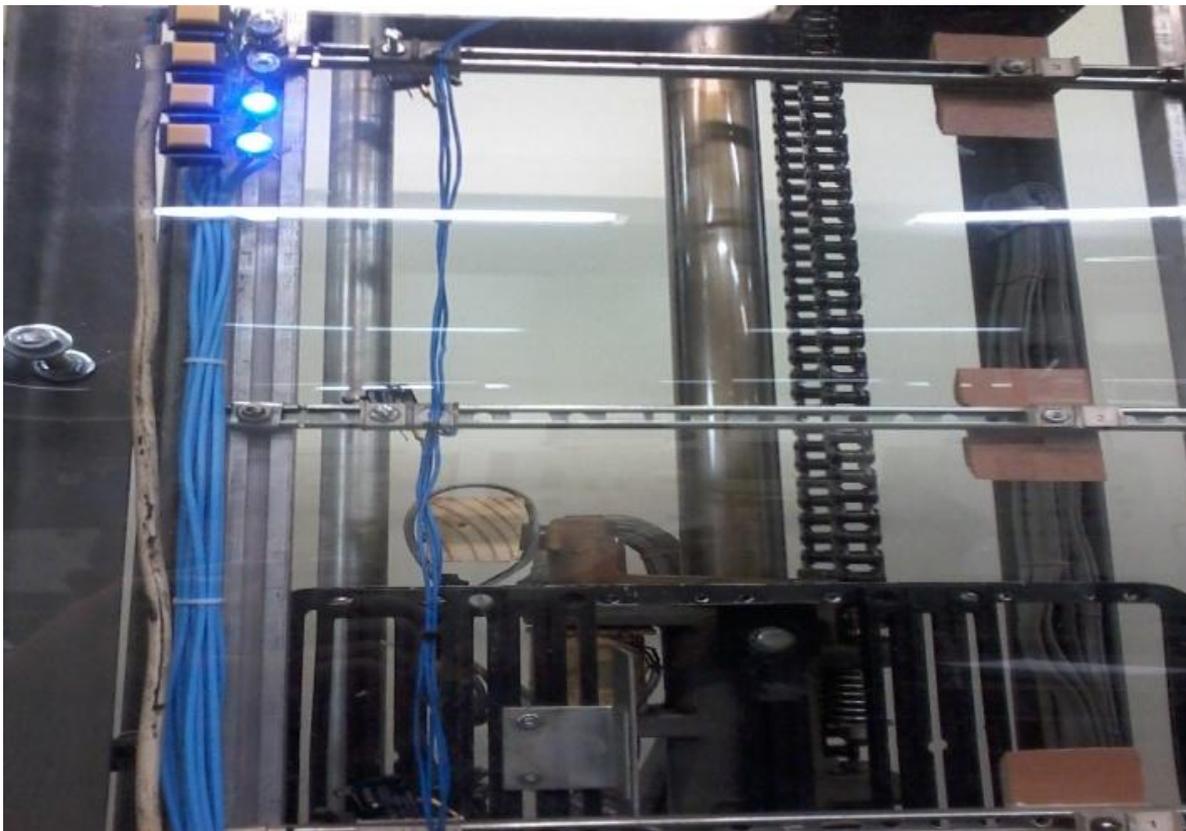



**Figura 40 Registro de chamado descendente nos pavimentos 2 e 1.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

2 - Testes de acionamento

- **Procedimento e:** Testar o acionamento do motor em resposta ao comando do inversor através dos chamados de pavimento.
- **Objetivo:** Validar o acionamento do motor pelo inversor de frequência e a movimentação da plataforma.
- **Resultado:** Aceleração e desaceleração do motor confirmada conforme os parâmetros gravados no inversor.

3 - Verificações de segurança

Conforme a norma NM 207, em caso de defeito ou falha em qualquer dispositivo do elevador ou até mesmo na falta de alimentação elétrica, o sistema deverá suspender o funcionamento do elevador até que os problemas sejam resolvidos.

- **Procedimento f:** Testar resposta quando a plataforma atingir limite final de subida (Figura 41).
- **Objetivo:** Validar resposta da lógica de controle conforme a norma NM 207.
- **Resultado:** o sistema permaneceu bloqueado até que a plataforma foi retirada do limite final de subida.

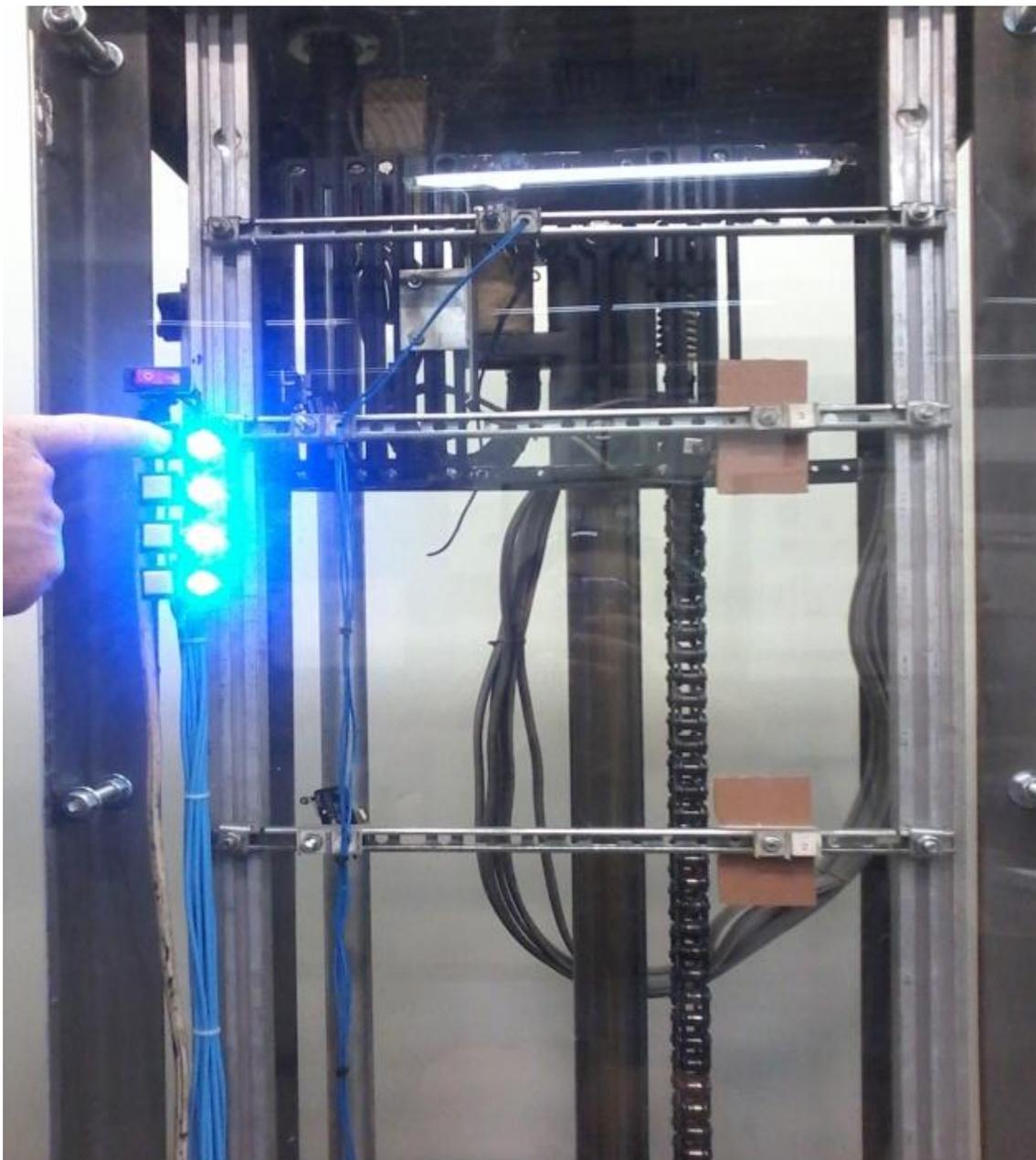



**Figura 41 - Todos chamados registrados, mas plataforma no limite superior não se move.**
**Fonte: Sala C002 – DAELT – UTFPR. Autoria própria.**

- **Procedimento g:** Testar resposta quando a plataforma atingir limite final de descida.
- **Objetivo:** Validar a resposta da lógica de controle conforme a norma NM 207.
- **Resultado:** O sistema permaneceu bloqueado até que a plataforma foi retirada do limite final de descida.
- **Procedimento h:** Testar resposta da lógica de controle quando faltar energia no momento da movimentação e retorno da energia (Figura 42).
- **Objetivo:** Validar a resposta da lógica de controle conforme a norma NM 207[11].
- **Resultado:** O sistema permaneceu bloqueado até o restabelecimento da energia, no momento em que o problema foi solucionado o sistema entrou em modo de reinicialização movimentando a cabina até o 1º pavimento para registrar a posição inicial da plataforma ficando pronto à executar a lógica normalmente.

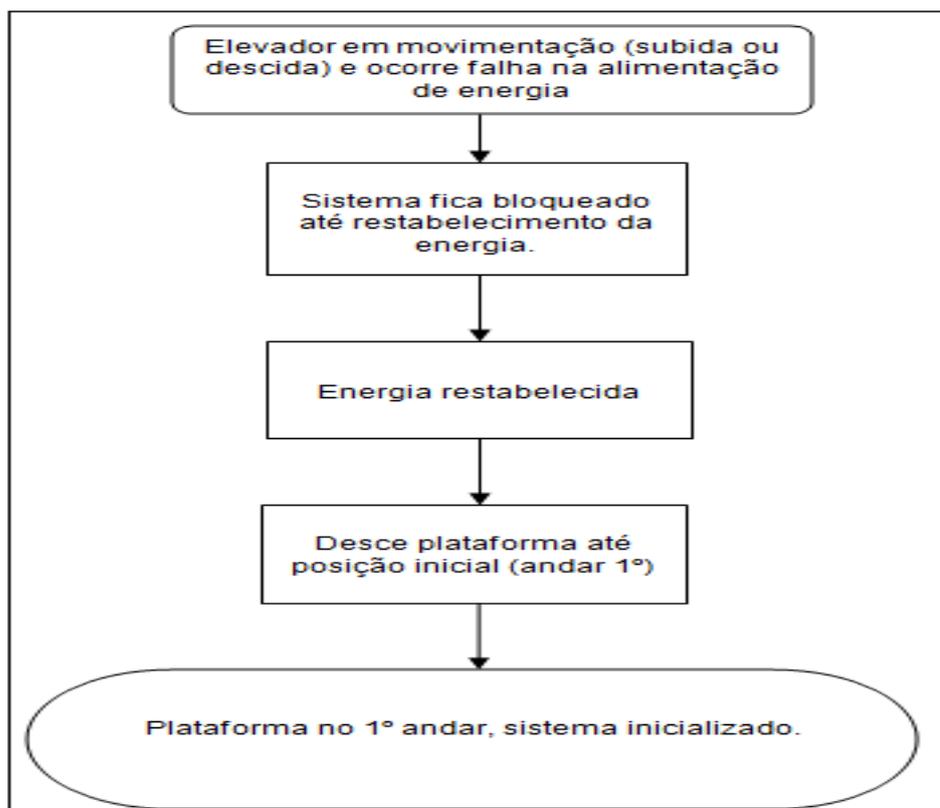



**Figura 42 - Fluxograma da lógica de controle para falta de energia.**
**Fonte: Autoria própria.**

---

[11] Item 14 página 78 Norma MERCOSUL NM 207.

# 5 CONCLUSÕES

Na conclusão deste trabalho pode-se identificar os aspectos positivos tais como fixar o aprendizado acadêmico com uma situação prática, alcance dos objetivos propostos e as aplicações dos conceitos e experimentos aqui apresentados

Considera-se, dessa forma que o objetivo de disponibilizar um protótipo de elevador didático utilizando controlador programável, foi alcançado, pois foi possível realizar melhorias na torre utilizando os conceitos obtidos no referencial teórico além da integração com os conhecimentos adquiridos em diversas disciplinas ministradas em sala de aula.

Tendo em vista a lógica de controle e a disposição de sensores serem configuráveis, o protótipo pode ser utilizado nas aulas de sistemas microcontrolados, acionamento eletrônico de máquinas e ainda em disciplinas de ensino de programação de PLC.

Conforme os testes realizados, não foram observados erros, pois a lógica de controle respondeu conforme os conceitos e normas técnicas descritos no Capítulo 2. Com relação à integração entre a placa de controle e o acionamento com o inversor de frequência, não foram observados erros, validando dessa forma as conexões e a ligação elétrica do circuito.

## 5.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Na montagem do protótipo houve a dificuldade em acoplar o motor de indução com a torre simuladora tendo em vista o diâmetro da polia existente e a forma da polia, pois no sistema de controle e acionamento antigo no qual a torre era utilizada, a tração do sistema era por fita de aço acoplando a torre à cabina do elevador na caixa de corrida, foi necessário então adaptar a polia à correia tipo “V”.

Outra observação foi em relação aos parâmetros de ajuste do inversor de frequência: na subida em alguns momentos o inversor registrou erro indicando falta de fase no motor de indução. A correção foi feita ajustando-se os parâmetros, P404 potência do motor, e P401 corrente nominal, pois a corrente nominal do motor é 2,4A e a potência 0,16 cv, como para o inversor de frequência CFW09 a potência

mínima é de 0,33 cv então foi necessário ajustar a corrente nominal em 1,2A e a potência em 0,33 cv.

Não foi possível substituir o motor atual por causa da rotação necessária para acionar o sistema mecânico, devendo ser na faixa de 600rpm a 900rpm.

## 5.2 MELHORIAS FUTURAS

O protótipo de elevador didático pode ser configurado para se fazer melhorias e/ou modificações futuras conforme a necessidade do projeto. A torre simuladora pode receber mais sensores fazendo a plataforma atender mais pavimentos.

A lógica de controle pode ser configurada para aumentar a quantidade de pavimentos alterando-se o programa, ou utilizar outros módulos de controle programável, conforme a necessidade do projeto.

Pode-se ainda utilizar outros controles como, por exemplo, implementar um sistema supervisório para integrar o sistema como uma IHM (interface homen-máquina).

## REFERÊNCIAS

AD ELEVADORES. (s.d.). *www.adelevadores.com.br.* Acesso em 15 de Outubro de 2013, disponível em http://www.adelevadores.com.br/entenda-o-sistema-de-funcionamento-do-elevador-hidraulico

ALDABÓ, R. (2001). *Qualidade na energia elétrica.* São Paulo: Atliber.

ALVES, J. L. (2005). *Instrumentação, controle e automação de processos.* Rio de Janeiro: LTC.

ATLAS SCHINDLER ELEVADORES. (2008). Manual de transporte vertical. 52.

BOHNEN. (s.d.). *www.bohnen.com.br.* Acesso em 13 de Novembro de 2013, disponível em http://www.bohnen.com.br/fck_upload/image/5_4_semleg_seguranca.jpg

CAMPOS, M. M., & Saito, K. (2004). *Sistemas inteligentes em controle e automação de processos.* Rio de Janeiro: Editora Cieência Moderna LTDA.

CAPELLI, A. (2006). *Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos.* São Paulo: Erica.

CREL ELEVADORES. (s.d.). *www.crel.com.br.* Acesso em 15 de Outubro de 2013, disponível em http://www.crel.com.br/portal/images/stories/Botoeira_insp/Poco_Elevador.jpg

DAL MONTE, P. J. (2000). *Elevadores e Escadas Rolantes.* Rio de Janeiro: Interciência.

ENVOLVERDE. (s.d.). *www.envolverde.com.br.* Acesso em 15 de Outubro de 2013, disponível em http://www.envolverde.com.br/portal/wp-content/ploads/2014/02/thy2.jpg

HABITISSIMO. (s.d.). *www.habitissimo.com.br.* Acesso em 13 de Novembro de 2013, disponível em http://static.habitissimo.com.br/photos/business/big/cabine-altivus_254699.jpg

JUNGHANS, D. (2007). *Curso técnico em eletrotécnica, módulo 1.* Curitiba: Base Didáticos.

MECATRONICA ATUAL. (s.d.). *www.mecatronicaatual.com.br.* Acesso em 13 de Outubro de 2013, disponível em http://www.mecatronicaatual.com.br/files/image/figura_2_inversores_frequencia_3_.jpg

OTIS ELEVADORES. (2013). *www.otis.com*. Acesso em 21 de Outubro de 2013, disponível em http://www.otis.com/site/br/Pages/OtisHistory.aspx?menuID=6

PEREIRA, F. (2007). *Microcontroladores PIC; Programação em C.* São Paulo: Érica.

RASHID, M. H. (2001). *Eletrõnica de potência: circuitos, dispositivos e aplicações.* São Paulo: Makron Books.

ROSÁRIO, J. M. (2005). *Princípios de mecatrônica.* São Paulo: Prentice Hall.

RUDENKO, N. (1976). *Máquinas de elevação e transporte.* Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos.

SCHINDLER ELEVADORES. (s.d.). *www.schindler.com.* Acesso em 13 de Outubro de 2013, disponível em http://www.schindler.com/content/dam/web/br/PDFs/NI/SchindlerID.pdf

SILVEIRA, P. R., & SANTOS, W. E. (2010). *Automação e Controle Discreto.* São Paulo: Érica.

Técnicas, A. B. (1987). *NBR 10098 - Elevadores elétricos, dimensões e condições do projeto de construção.* Rio de Janeiro: ABNT.

Técnicas, A. B. (1977). *NBR 5666 Elevadores elétricos de passageiros.* Rio de Janeiro: ABNT-BR.

Técnicas, A. B. (1985). *NBR 7192 - Projeto, fabricação e instalação de elevadores.* Rio de Janeiro: ABNT.

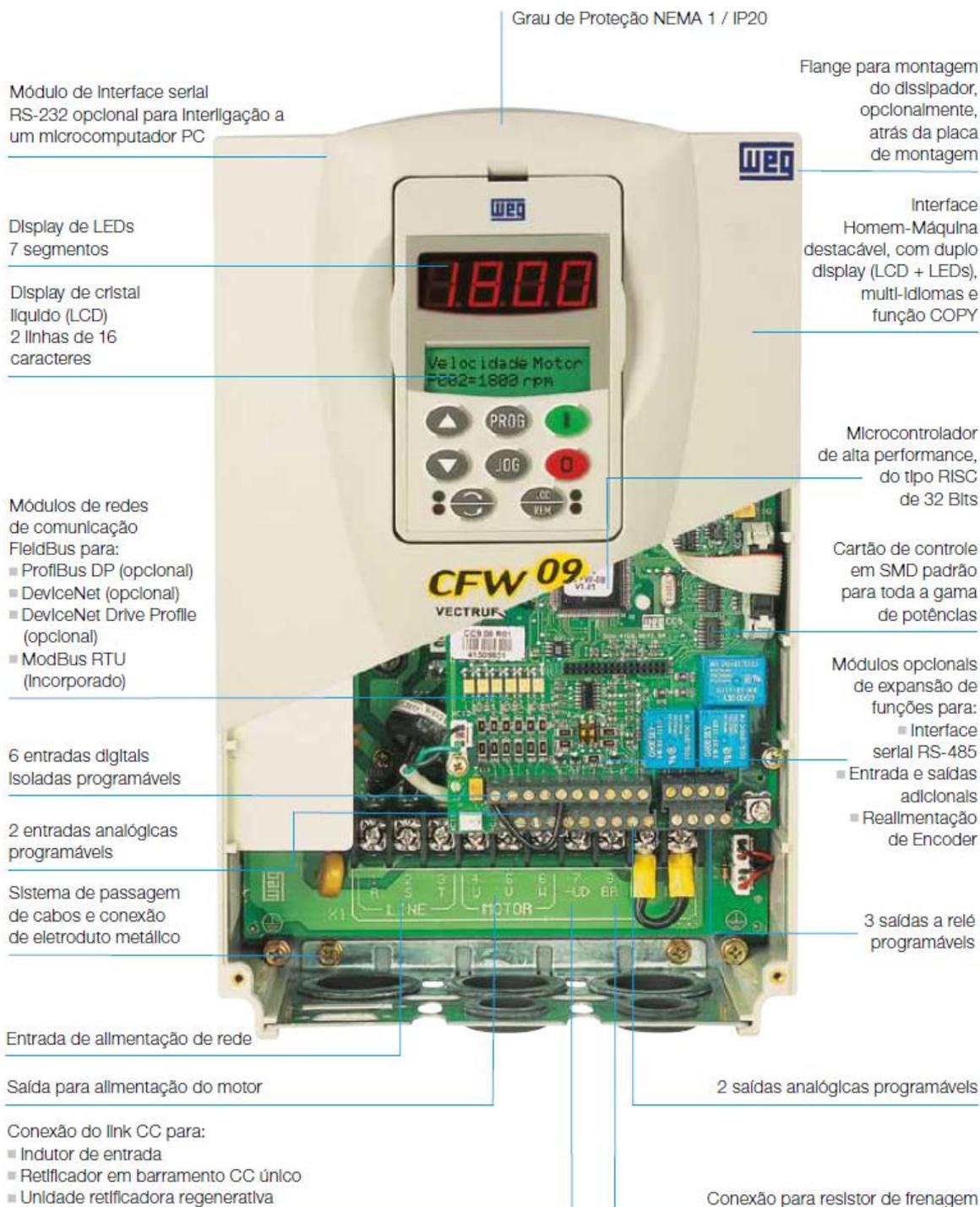
Técnicas, A. B. (2003). *NM 207 Elevadores elétricos aspectos construtivos e segurança.* Rio de Janeiro: ABNT BR.

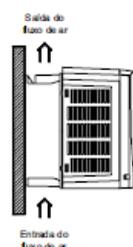
THYSSENKRUPP ELEVADORES. (s.d.). Acesso em 15 de OUTUBRO de 2013, disponível em www.thyssenkruppelevadores.com.br: http://www.thyssenkruppelevadores.com.br/site/_img/elevadores-novos/img_adc_05.jpg

THYSSENKRUPP ELEVADORES. (2013). *Seu Elevador*. Acesso em 15 de Outubro de 2013, disponível em Thyssenkruppelevadores: http://www.thyssenkruppelevadores.com.br

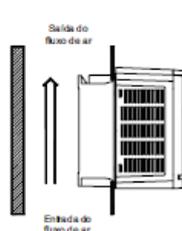
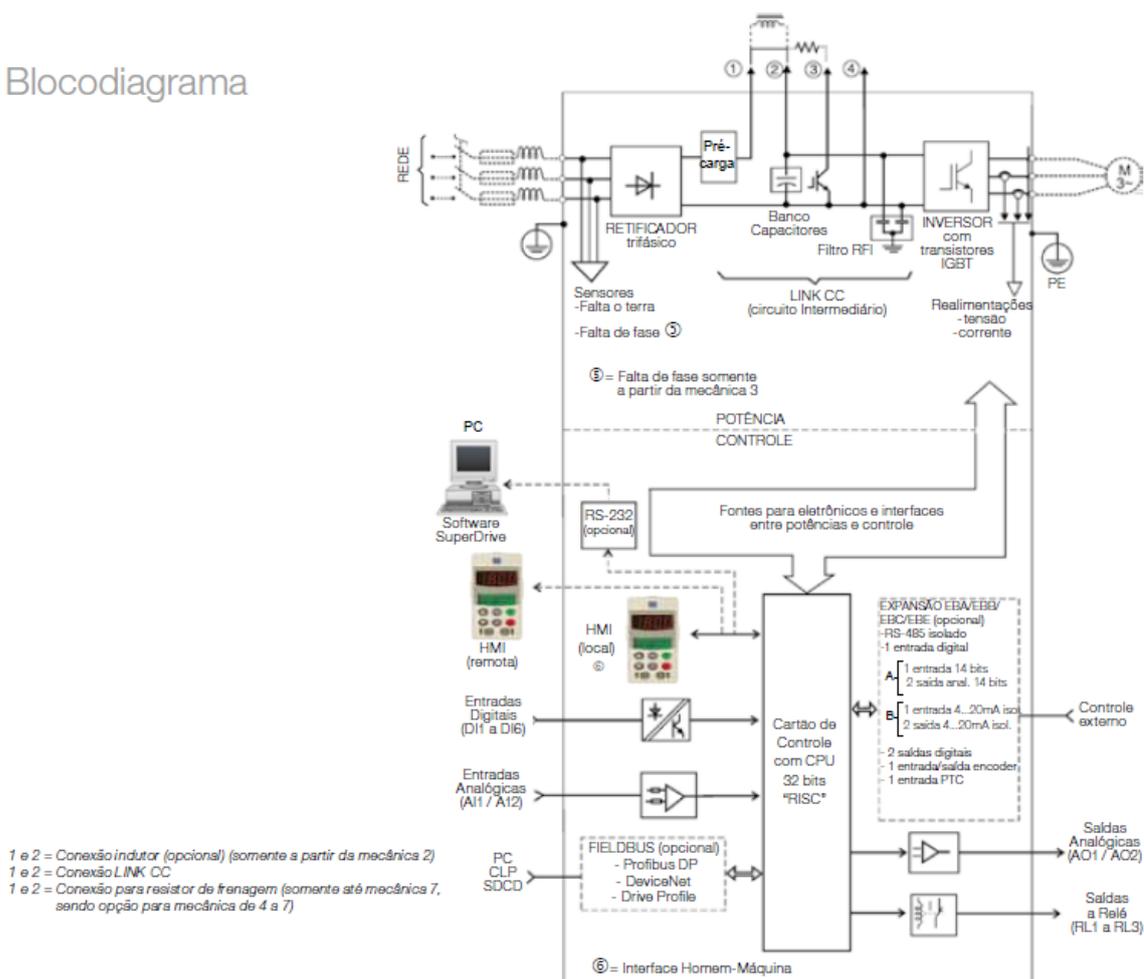
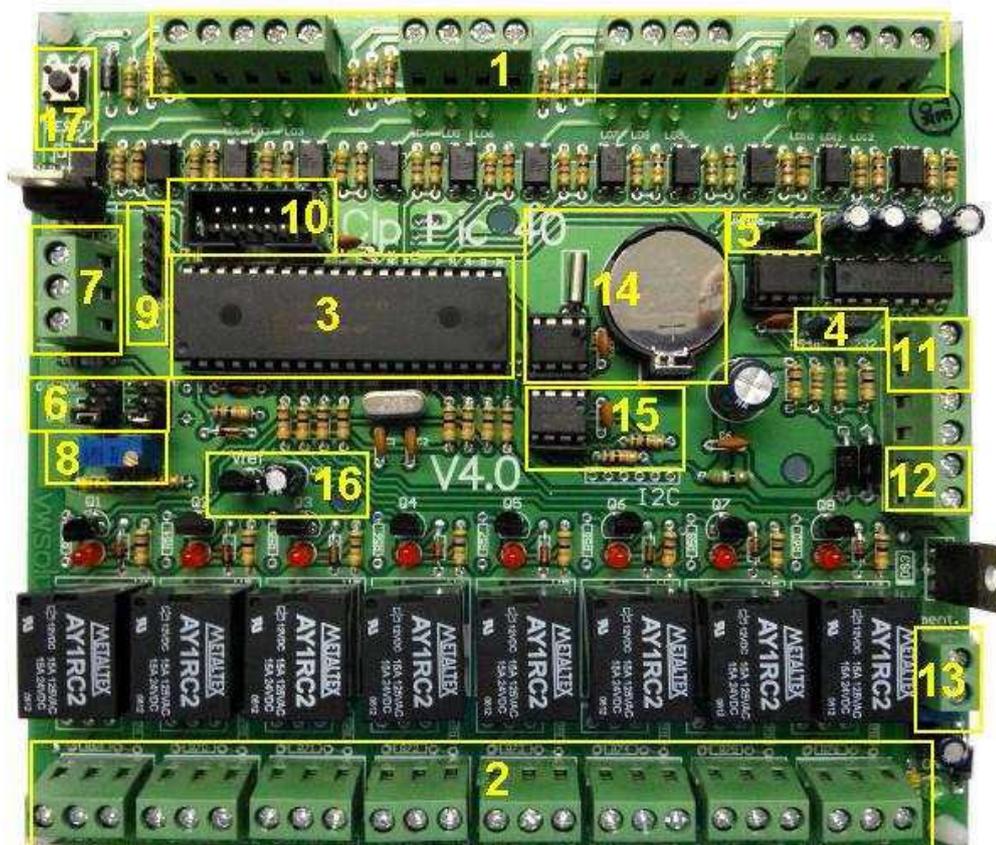
# APÊNDICE A – PARÂMETROS DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA

| DADOS DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA | | | |
|---|---|---|---|
| **ITEM** | **PARÂMETRO** | **DESCRIÇÃO** | **VALOR** |
| 1 | P 000 | Acesso à parâmetros | 6 |
| 2 | P 100 | Tempo de aceleração | 5.0 |
| 3 | P 101 | Tempo de desaceleração | 2.0 |
| 4 | P 121 | Referência tecla | 900 |
| 5 | P 122 | Referência JOG ou JOG+ | 900 |
| 6 | P 124 | Referência 1 multispeed | 80 |
| 7 | P 125 | Referência 2 multispeed | 100 |
| 8 | P 126 | Referência 3 multispeed | 700 |
| 9 | P 127 | Referência 4 multispeed | 700 |
| 10 | P 128 | Referência 5 multispeed | 700 |
| 11 | P 129 | Referência 6 multispeed | 700 |
| 12 | P 130 | Referência 7 multispeed | 700 |
| 13 | P 133 | Referência de velocidade mínima | 0 |
| 14 | P 134 | Referência de velocidade máxima | 900 |
| 15 | P 220 | Seleção Local/Remoto | 0 |
| 16 | P 221 | Seleção referência local | 8 |
| 17 | P 223 | Seleção giro local | 4 |
| 18 | P 224 | Seleção gira/para local | 1 |
| 19 | P 225 | Seleção JOG local | 2 |
| 20 | P 232 | Seleção de modo de parada | 0 |
| 21 | P 263 | Função entrada DI1 | 1 |
| 22 | P 264 | Função entrada DI2 | 0 |
| 23 | P 265 | Função entrada DI3 | 0 |
| 24 | P 266 | Função entrada DI4 | 7 |
| 25 | P 267 | Função entrada DI5 | 7 |
| 26 | P 268 | Função entrada DI6 | 7 |
| 27 | P 269 | Função entrada DI7 | |
| 28 | P 270 | Função entrada DI8 | 0 |
| 29 | P 400 | Tensão nominal do motor | 220 |
| 30 | P 401 | Corrente nominal do motor | 1,2 |
| 31 | P 402 | Velocidade nominal do motor | 820 |
| 32 | P 403 | Frequência nominal do motor | 60 |
| 33 | P 404 | Potência nominal do motor | 0,33 |
| 34 | P 406 | Ventilação do motor | 0 |

## ANEXO A – DETALHES DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA

## Tipos de Montagem

Os Inversores CFW09 permitem montagem flexível, sendo possível, além do modo de fixação tradicional pela Base, também o modo de fixação pela Flange, possibilitando desta forma montar o dissipador de calor para trás da placa de montagem.
Esta opção de montagem resultará em uma canalização do ar quente gerado pelos componentes de potência dentro do painel, facilitando assim sua condução para fora do mesmo e ainda permitirá minimizar o sobreaquecimento do inversor decorrente das fontes geradoras de calor periféricas dentro do painel.

**Montagem pela BASE** **Montagem pela FLANGE**

## Blocodiagrama

*1 e 2 = Conexão indutor (opcional) (somente a partir da mecânica 2)*
*1 e 2 = Conexão LINK CC*
*1 e 2 = Conexão para resistor de frenagem (somente até mecânica 7, sendo opção para mecânica de 4 a 7)*

## ANEXO B - DETALHES IMPORTANTES DA PLACA DE CONTROLE

1 - Entradas digitais (E1 a E12)

Todas as entradas são mapeadas por LEDS. São entradas para contato seco e todos os sensores digitais como, por exemplo, botões e chaves fim de curso. Também é possível a ligação de sensores de luz (LDRs) diretamente, Sensores indutivos, capacitivos, fotoelétricos, etc. A tensão de entrada pode ficar entre 7 e 50VCC para reconhecer estado alto na entrada.

2 - Saídas que pode ser a relé, transistor ou triac.

2.1 - Saídas a Relés (K1 a K8)

Todas as saídas são mapeadas por LEDS. Através das saídas a Relês, é possível ligar/desligar dispositivos conectados à rede elétrica (corrente alternada) 110 ou 220v, ou mesmo aqueles alimentados com corrente contínua (pilhas ou baterias).

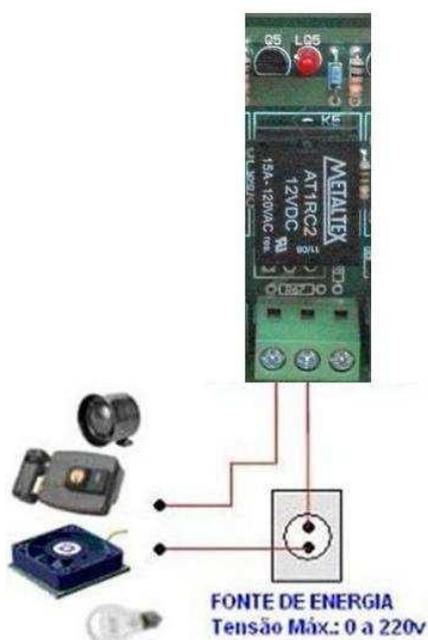
Para ambas as fontes de energia, o consumo de corrente dos dispositivos não pode ultrapassar os 7,5A (em 110v) e, 5A (em 220v).

Veja na ilustração abaixo, um esquema de como instalar os dispositivos

Nota:

NA – Interruptor Normalmente Aberto;

C – Comum

NF – Interruptor Normalmente Fechado.

2.2 - Saídas a Transistor (Q9 a Q16)

Todas as saídas são mapeadas por LEDS. Através das saídas a transistor, é possível ligar e desligar dispositivos com corrente contínua. Cada saída possui sua entrada de alimentação independente para alimentar sua carga.

Desta forma é possível utilizar fontes diferentes para diferentes cargas, inclusive com tensões diferentes. Em casos onde a carga faça variar muito a tensão da fonte, aconselhamos utilizar uma fonte de alimentação separada para a placa.

Nota:

NA – Sinal de saída igual a VCC.

C – Tensão alimentação Saída (Máximo 24Vcc).

NF – GND da saída.

2.3 - Saídas a Triac (Q17 a Q24)

Todas as saídas são mapeadas por LEDS. Através das saídas a triac, é possível ligar e desligar dispositivos em corrente alternada (110V ou 220V).

Nota:

NA – Retorno da carga

C – Entrada da rede (110v ou 220v)

NF – Na saída a triac não é utilizado

3 - Microcontrolador PIC16F877A

Controla todas as funções da placa Clp Pic40, como as saídas (Relês, Transistor ou Triac), comunicação Serial (RS232 ou RS485), barramento I2C, entradas digitais (E1 a E12), entrada analógica, etc.

4 - Jumper de seleção RS232/RS485

Para selecionar qual das portas de comunicação será utilizada, RS232 ou RS485, pois não podem ser utilizadas as duas ao mesmo tempo, tem que ser escolhida através deste jumper qual meio irá utilizar.

5 - Jumper de seleção E12/RS485

Se for utilizar a comunicação RS485, a entrada E12 não poderá ser usada com entrada digital, pois terá que ser selecionada através deste jumper na posição RS485 para servir como pino de controle da Rede 485.

6 - Jumper de seleção da configuração da entrada analógica

Selecionar apenas uma delas:

a - Entrada analógica de 0 a 10v - Jumper J1 fechado e Jumper 0-10v fechado.

b - Entrada analógica de 0 a 5v - Jumper J2 fechado e Jumper 0-5v fechado.

c - Entrada analógica de 0 a 20mA - Jumper J3 fechado e Jumper 0-20mA fechado.

7 - Entrada analógica

A entrada analógica do microcontrolador utiliza um A/D de 10bits. A entrada de sinal pode ser configurada de 03 formas distintas conforme mostra no item anterior sobre a seleção do tipo de entrada utilizada.

8 - Trimpot P1

Este trimpot é utilizado para ajuste fino do sinal aplicado a entrada analógica do microcontrolador, mas somente quando selecionado a configuração de 0-10v (jumper J1 fechado e Jumper 0-10v fechado).

Para efeito de garantir que o sinal no pino An0 (pino 02) do microcontrolador seja 5v quando você estiver com seu sinal no máximo, utilize este trimpot para ajustar para menos se por acaso o seu sinal esteja passando de 5v no pino do microcontrolador e vice-versa.

O importante é que para efeito de precisão de calculo, este trimpot é utilizado para ajustar perfeitamente os 5v no pino 02 (An0) do microcontrolador.

9 - Conector ICSP – in circuit serial programmer

Pinagem disponível para gravação do microcontrolador. Estes pinos disponíveis deixam o cliente livre para utilização de seu próprio gravador se já possuir. Quando for fazer a gravação do programa na placa, o conector “LCD” deve estar livre, pois ele pode prejudicar a gravação.

10 - Conector LCD

Neste conector fica disponibilizado todo PortB do microcontrolador. Normalmente utilizado para instalação de um LCD (16x2 ou 20x4) ou aumentar a quantidade de entradas e saídas através da placa de expansão de I/Os. Mas o projetista fica livre para utilizar estes pinos de acordo com sua necessidade.

11 - Porta Serial RS232

Porta serial de uso genérico (TX, RX e GND), usada para se comunicar com PC, outra placa Clp Pic ou qualquer periférico que utilize este meio de comunicação.

12 - Porta Serial RS485 (item opcional)

A Porta RS485 nos dá a possibilidade de fazer uma rede e interligar até 32 dispositivos. Especifica também a distância máxima entre o primeiro e o último dispositivo da rede (1200 Metros). O pino do PIC para fazer o Controle é o RA3 do portA.

13 - Alimentação do Clp Pic40

Borne de alimentação da placa Clp Pic40 que pode ser usada 12V ou 24V x 1A.

Obs.: Lembrando que os reles de saída recebem a mesma tensão de alimentação da placa em sua bobina, quando são acionados. Se forem instalados equipamentos nas entradas e saídas do Clp Pic40 que consuma energia elétrica, esse consumo deve ser somado para o correto dimensionamento da fonte de corrente contínua.

14 - Real Time Clock/Calendário (RTC – DS1307) (item opcional)

É um CI dedicado para fazer um relógio/calendário fornecendo segundos, minutos, horas, dias, dia da semana, mês e ano. As datas dos finais dos meses são automaticamente ajustadas, incluindo correções para o ano bissexto.

15 - Memória Flash - Exemplo: 24C256 (item opcional)

Essa memória utiliza o barramento I2C para se comunicar com o microcontrolador. A capacidade de armazenamento da memória a ser utilizada deve ser escolhida pelo usuário de acordo com a necessidade de seu projeto.

16 – Tensão de referência de 4,096V (MCP1541) (item opcional)

Utilizado quando se necessita de uma tensão de referencia mais estável para a entrada analógica.

17 - Botão de reset do sistema